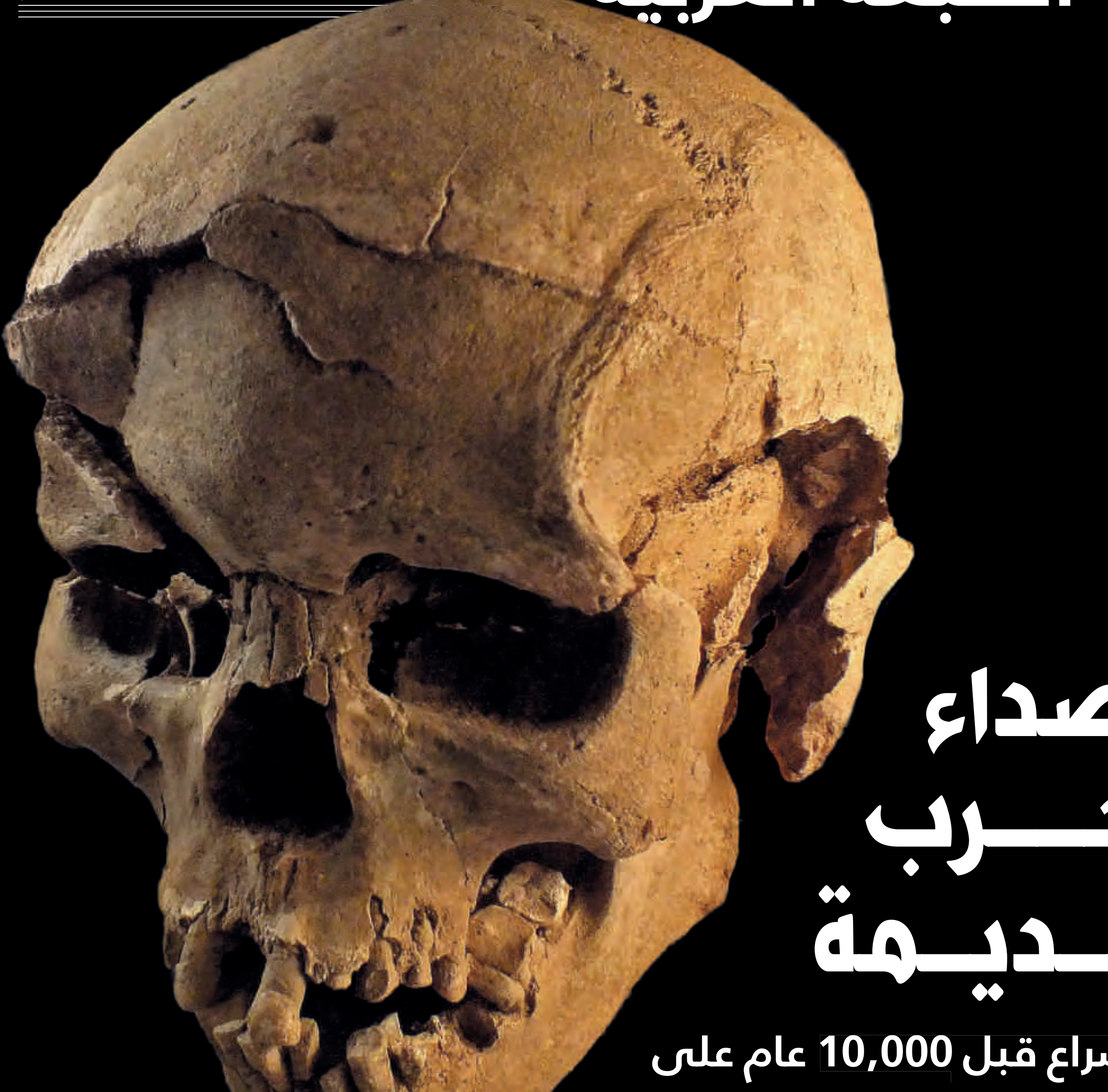
nature
الطبعة العربية
الدورية الشهرية العالمية للعلوم



أصداء حرب قديمة

الصراع قبل 10,000 عام على ضفاف بحيرة توركانا **صفحة 70**

الذكاء الاصطناعي

جوجل تتفوق في لعبة «جو»

برمجيات التعلُّم العميق تتفوق في لعبة لَوْحِيَّة قديمة.

صفحة 20

سياسات

النفايات النووية في نيو مكسيكو

خُطَط دَفْن البلوتونيوم يجب أن تعالِج جميع المخاطر.

صفحة 46

أجهزة التحليل الحيوية

قفزة تكنولوجية في استشعار العَرَق

جهاز قابل للارتداء يقوم بِرَصْد العَرَق، وقياس مؤشرات أخرى.

صفحة 65

ARABICEDITION.NATURE.COM
مارس 2016 / السنة الرابعة / العدد 42
ISSN 977-2314-55003



Collection on Paediatric kidney disease

The focus of World Kidney Day 2016 is ‘kidney disease and children’. To mark this occasion, *Nature Reviews Nephrology* presents a special collection of Reviews and opinion pieces on paediatric kidney disease. The articles in this collection discuss topics including new insights into the genetic basis of various paediatric renal diseases, transplantation outcomes in children, and the effects of maternal, fetal, and childhood nutrition on long-term renal outcomes. In a specially commissioned Viewpoint article, six leading researchers reflect on progress in various fields of paediatric nephrology and the challenges that remain to be overcome.

Selected content free for a limited time.

Access the collection online:

www.nature.com/nrneph/collections/paediatric-kidney-disease



nature

مارس 2016 / السـنــة الرابعة / العـدد 42

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

تُنشر مجلة "نيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (2314-5587) ـ مِن قِبَل مجموعة نيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء مُحَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نيتْشَر" هو: 0028-03/0836، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نيتْشَر" شهريًّا. والعلامة التجارية المُسَجَّلة هي (ماكميلان للنشر المحدودة)، 2016. وجميع الحقوق محفوظة.

رسالة رئيس التحرير

على الحافة.. بين الطبيعة والإنسان

في هذا العدد، نقدم مختارات من أعداد دورية *Nature* في الفترة من 14 يناير إلى 4 فبراير 2016، منها ثلاثة تحقيقات، تبين العلاقة الملتبسة بين الإنسان وبيئته الطبيعية. فالتحقيق الأول قامت به جين كيو، ونُشر في عدد 14 يناير تحت عنوان "كارثة في هضبة التبت"، وتناوَل كارثة حدوث "تغيرات سريعة في مراعي التبت، تهدد حياة البدو الرعاة، والموارد الأساسية للمياه في آسيا"، حيث "ترعى عشرات الأبقار في أراضٍ عشبية تبدو مثل سجادة بالية ومهترئة. لقد تقلَّصت المراعي، حتى تعرَّت التربة تمامًا في بعض المواقع، وانتشرت الشقوق العميقة في صفحة الأرض المكسوة بالثلوج". وتتناقض تلك التحديات التي يواجهها رعاة التبت مع التقارير السعيدة التي تذيعها وسائل الإعلام الصينية حول ازدهار مراعي التبت ـ التي تربو مساحتها على 1.5 مليون كيلومتر مربع ـ وتحسُّن حياة ملايين البدو الذين يسكنونها". وترجع أسباب هذا التدهور إلى أن الحكومة الصينية طبَّقت "منذ التسعينات سلسلة من السياسات التي حدَّت من نشاط الرعي، وجعلت الرعاة دائمي التنقل والترحال يستقرون في تجمعات ثابتة. ووفقًا للرواية الرسمية، ساعدت هذه السياسات على انتعاش المراعي، ورفع مستوى معيشة البدو الرعاة".

أما التحقيق الثاني، فقد قام به إوين كالاوي، ونُشر في عدد 21 يناير، تحت عنوان "عندما يتوحَّش الدجاج"، وفي مقدمته يقول كالاوي "يوفر دجاج كاواي الوحشي فرصة فريدة لدراسة ما يحدث عندما تهرب الحيوانات المستأنسة وتتطور". وكاواي هي إحدى جُزُر هاواي، حيث "تعجُّ شلالات أوبيكا - مثل الكثير من مناطق كاواي - بالدجاج الوحشي؛ تلك الطيور الحرة، التي تربطها قرابة بكل من السلالات الداجنة التي تضع البيض وتنتج اللحم لرفوف محلات السوبر ماركت، وسلالات أكثر قِدَمًا، استُقدِمَت إلى هاواي منذ مئات السنين"، حيث كان البحّارة البولينيزيون ـ الذين كانوا أول مَن استقر في جُزُر هاواي قبل حوالي 1,000 عام ـ قد جلبوا ما احتاجوه لبدء حضارة جديدة، ومن ذلك.. دجاجاتهم القيِّمة. وربما كانت الدواجن البولينيزية تحمل بعض الشبه بالطيور التي توفر الكثير من بروتين العالم اليوم. وتشير الأدلة الأثرية والجينية إلى أنها كانت أشبه بدجاج الأدغال الأحمر *Gallus gallus*، وهو بمثابة طيور صغيرة سريعة الحركة، ما تزال تجوب غابات جنوب شرق آسيا، وهي سلف لجميع الدجاج الداجن. وفي كاواي، انتعش الدجاج "الوحشي". ورغم عدم تتبُّع أعداد الطيور بدقة الطيور، يؤكد العديد من السكان أن أعدادها ارتفعت، بعد أن حَمَلَت الأعاصيرُ في عامي 1982، و1992 الدجاجَ المعاصر من ساحات البيوت الخلفية إلى الغابات، حيث التقى بالأنواع المتحدِّرة من الدجاج البولينيزي".

أما التحقيق الثالث، فقد قامت به شاوني باتاشاريا، ونُشر في عدد 28 يناير بعنوان "مذبحة الطيور المغردة"، حيث "تُعتبر الطيور المغرّدة من الأطباق المحببة في قبرص، لكن اصطيادها وتناوُلها يُعَدّ مخالِفًا للقانون. ورغم ذلك.. ما تزال وتيرة الصيد مستمرة في التصاعد، وهو ما قد يشكِّل خطر فقدان الأنواع النادرة". ومفاد هذه القصة هو تحوُّل "اصطياد الطيور في قبرص إلى جدل ينطوي على عدة نَواحٍ من الجريمة، والتقاليد، والسياسة، والعلوم. وقد اعتُبرت ممارسة هذا الصيد غيرَ قانونية منذ أكثر من 40 سنة؛ وهذا دَفَع ـ ببساطة ـ إلى ممارسته في سِرِّيَّة. واليوم، يقطع الصيادون ـ بشكل روتيني ـ ممرات واسعة في الغطاء النباتي، ويعلِّقون "شِبَاكًا ضبابية" دقيقة من أقطاب؛ لاصطياد الطيور، ثم إرسالها إلى المطاعم المحلية؛ لتُقَدَّم هناك. ويتراوح ثمن الطبق الذي يحتوي على اثني عشر طيرًا بين 40 ـ 80 يورو (44 ـ 87 دولارًا أمريكيًّا). وتُعتبر تجارة الطيور المغردة هي المسؤولة عن سوق سنوية تُقدر بـ5 مليون يورو. وهذا الطبق الشهي باهظ الثمن، ومربح جدًّا، ويُشتبه في كونه على صلة بالجريمة المنظَّمة، وقد تَعَرَّض الذين حاولوا إيقافه للتهديد والعنف. وتبيِّن منظمات الحفاظ على البيئة أن معدَّل الصيد آخِذ في الازدياد، وأنه يهدِّد أنواعًا نادرة من الطيور، التي تتوقف في قبرص أثناء هجرتها".

إذًا، نحن هنا أمام ثلاث قصص مثيرة عن العلاقة بين الإنسان، ممثَّلًا في السلطة، والمهاجرين، والمُتَرَبِّحِين أحيانًا، وبين الطبيعة، ممثَّلة في المراعي، والطيور المتوحشة، والمهاجرة من ناحية أخرى، أرجو أن توفِّر للقراء الإفادة والمتعة.

رئيس التحرير
مجدى سعيد

المحتويات

مارس 2016 / السنة الرابعة / العدد 42

هـذا الـشـهـــر

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضـوء



تحقيقات



تعليقات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

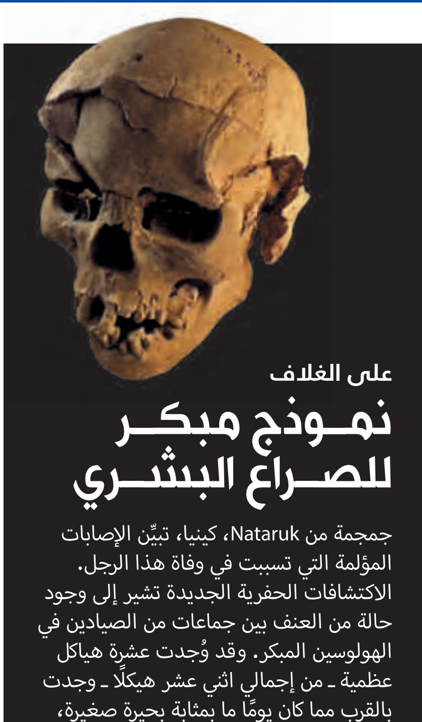
المحتويات

مارس 2016 / السنة الرابعة / العدد 42

أبحــاث



MARTA MIRAZON LAHR/ FABIO LAHR



على الغلاف

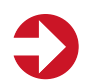
نمـــوذج مبكـــر للصـــراع البشـــري

جمجمة من Nataruk، كينيا، تبيِّن الإصابات المؤلمة التي تسببت في وفاة هذا الرجل. الاكتشافات الحفرية الجديدة تشير إلى وجود حالة من العنف بين جماعات من الصيادين في الهولوسين المبكر. وقد وُجدت عشرة هياكل عظمية ـ من إجمالي اثني عشر هيكلًا ـ وجدت بالقرب مما كان يومًا ما بمثابة بحيرة صغيرة، تُظْهِر علامات الوفيات العنيفة.. صفحة 70

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature INDEX CHINA 2014

The Nature Index 2014 China supplement examines a snapshot of results from the Nature Index, comparing the cities and institutions within the country that contributed to some of the highest quality research during the previous calendar year. The supplement uses data from the Nature Index on subject strengths and research output to provide analysis of institutions down to the work of individual researchers.



Access the supplement free online.
nature.com/nature/supplements/nature-index-2014-china

افتتاحيات

الخطوات القادمة بشأن فيروس «زيكا»

تثير التشوهات الخلقية التي يسببها فيروس "زيكا" قلقًا عالميًّا، ولذا.. يجب على الباحثين العمل سريعًا لتقييم حجم الخطر المتوقَّع.

أعلنت "منظمة الصحة العالمية" في بداية فبراير الماضي أن مجموعة تشوهات المواليد التي يُشتبه في صلتها بتفشي وباء فيروس ""زيكا"" في الأمريكتين تمثل "حالة طوارىء صحية عامة، تثير قلقًا دوليًّا". وبخلاف الدواعي العملية المُلِحَّة لسيطرةٍ أفضل على أنواع البعوض المتسبِّب في انتشار مرض "زيكا" وغيره من الأمراض، فإن الأولوية القصوى الآن هي البحث عن إجابات للتساؤلات المبدئية المهمة، بما في ذلك التساؤل عما إذا كانت تشوهات المواليد ناجمة عن الفيروس، أم لا. وإذا كانت كذلك.. فما هو معدَّل تشوهات المواليد الناتجة عن الفيروس؟

لقد بلغت التحذيرات بين وسائل الإعلام والسياسيين حدَّها الأقصى بشأن تسبب فيروس "زيكا" في وباء تشوهات المواليد، مع بعض العناوين الصارخة بأن الوباء قد يكون أسوأ من فيروس إيبولا في غرب أفريقيا. وكما هو الحال في المراحل المبكرة لتفشي فيروس جديد، أو إعادة تفشي فيروس قديم، توجد تحدِّيات في التعامل مع المجهولات الناشئة حتمًا من فراغات كبيرة في معرفتنا بالأمر.

يُنصح بالتقييم الهادئ والحذر للتهديد الذي يشكله المرض، وبالتالي تجنب الدعاية المبالِغة والهستيرية، أو القفز إلى نتائج غير مبنِيّة على أدلة قاطعة، وبالطبع لا يجب على السلطات الصحية الانتظار حتى تتبين جميع الحقائق قبل اتخاذ إجراءات؛ كما أن لها الحق في أن تنشر وتوصي بالتحذيرات والاحتياطات المدروسة؛ لحماية النساء الحوامل وأَجِنَّتهن في مواجهة تهديد محتمَل ملموس.

ينتقل فيروس "زيكا" بشكل أساسي عن طريق بعوضة *Aedes aegypti*، التي تحمل كذلك فيروسات حمى الضنك، ومرض شيكونجونيا. وقد تطوَّر الفيروس ـ على غير المألوف ـ ليتكاثر في المناطق الحضرية في بقع المياه الراكدة، وفي أماكن أخرى، كالإطارات الفارغة، وأواني أُصص النباتات. وهو يتغذى على دم الإنسان حصريًّا أثناء النهار، مما يشكل تهديدًا قويًّا بانتشار المرض على نطاق واسع في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. ويمكن لفيروس "زيكا" الانتقال بشكل محدود ـ على الأقل حتى الآن ـ عن طريق بعوضة *Aedes albopictus*، التي توجد في المناطق معتدلة المناخ.

تم اكتشاف الفيروس لأول مرة في قرد يعيش في غابة "زيكا" بأوغندا، وكان ذلك في عام 1947، وقد حظي الفيروس ـ حتى وقت قريب ـ بأكثر من مجرد الفضول العلمي. فقد بدا أن حوالي 80% من المصابين بالفيروس لا تظهر عليهم أعراض معينة، والباقي لا يظهر عليهم سوى أعراض خفيفة، تتحسن تلقائيًّا في أيام قليلة. وبشكل أساسي، فقد انحصرت حالات تفشي المرض في أماكن محدودة في أفريقيا وآسيا، وانتقل الفيروس إلى منطقة المحيط الهادئ في عام 2007، وانتشر بسرعة منذ العام الماضي ـ مثل حمى الضنك، ومرض شيكونجونيا من قبله ـ في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في الأمريكتين.

مقياس التحكم

ظهرت لأول مرة المخاوف بـأن الأعراض الإكلينيكية المعتدلة قد لا تحكي القصة الكاملة للمرض في أكتوبر الماضي، وذلك عندما أبلغ أطباء في البرازيل عن أن الانتشار الكبير لفيروس "زيكا" يبدو مترافقًا مع ارتفاع في عدد حالات "صغر الرأس" microcephaly، وهو تشوُّه خلقي خطير يصيب الأجنة، وحديثي الولادة، بحيث يتسبب في صغر حجم الرأس والمخ. وسجلت البرازيل رسميًّا 147 حالة لصغر الرأس في عام 2014، بينما سجلت أكثر من 4,000 حالة مشتبه فيها منذ أكتوبر الماضي.

يُعتبر هذا الارتفاع الحاد في الحالات مخيفًا، خصوصًا للنساء الحوامل وعائلاتهن، ولكن هل يشكل خطرًا فعليًّا؟ فالحالات التي سُجلت في البرازيل، والبالغة 147 حالة، تُعتبر قطعًا أقل من الحقيقة بكثير؛ فمعدل الإصابة السنوي بحالة صغر الرأس في هذا البلد من المتوقع أن يكون عاليًا، حتى مع استخدام التقديرات المتحفظة.

إضافة إلى ذلك.. فقد أطلقت السلطات البرازيلية بحثًا مكثفًا عن حالات "صغر الرأس"، وقد ذكرنا في أحد المقالات أن هذا البحث المكثف سيكشف عن حالات كثيرة، من الممكن ألا يتم كشفها بدون هذه الإجراءات. وهذا يعني أن معايير الفحص العامة المستخدَمة في هذه الإجراءات سوف تستبعد العديد من الحالات المشتبه فيها، وتَعتبِرها إنذارات كاذبة.

ونحن في هذه المرحلة لا نملك المعلومات الوبائية والإكلينيكية الضرورية للتقييم الكامل لمدى تهديد تفشي فيروس "زيكا"، ولذلك.. لا بد أن يشكل تجميع هذه المعلومات أولوية قصوى. ويتعين على الباحثين والسلطات في البرازيل والبلاد الأخرى المصابة بفيروس "زيكا" تنحية المنافسة على الأبحاث جانبًا مع المخاوف بشأن نشر المعلومات للجمهور، ونشر جميع المعلومات الوبائية والإكلينيكية فور تجميعها وتحليلها.

وسوف يكون من الضروري إنشاء مقياس واضح لأي زيادة في تشوهات المواليد متعلقة بفيروس "زيكا"؛ فعلى سبيل المثال.. سيكون من المُطَمْئِن للناس أن يتم التوصل سريعًا لاختلاف فيروس "زيكا" عن فيروس الحصبة الألمانية، التي أصابت الملايين من الناس، وتسببت في تشوهات لعشرات الآلاف من المواليد في الستينات في الولايات المتحدة وحدها. ورغم انتشار اللقاحات الفعالة، التي قضت على الحصبة الألمانية في البلدان الأكثر ثراءً، فما زالت الحصبة الألمانية تتسبب في تشوهات المواليد لحوالي 100 ألف مولود في جميع أنحاء العالم سنويًّا.

> **«لا يزال فيروس زيكا يسلط الضوء مرة أخرى على المشكلة القائمة بشأن أفضل طريقة للاستعداد للأمراض الطارئة، التي قد تشكل – أو لا تشكل – خطرًا حقيقيًا على الصحة العامة».**

حتى تتكشف لنا جميع المعلومات حول فيروس "زيكا"، علينا التحلي بالأمل في الأفضل، مع الاستعداد للأسوأ. فالأدلة المتعلقة بالظرف الحالي لانتشار الفيروس آخِذة في التجمع التدريجي، والإشارة إلى أن الفيروس قد يكون مصاحبًا لتشوهات المواليد، فقد وُجد الفيروس إما في السائل المحيط بالجنين في الرحم "السائل الأمنيوتي"، أو المشيمة، أو النسيج الجنيني لقليل من المصابين. وعلى الرغم من أن المعلومات الموثقة ضرورية، إلا أن الحسابات الأولية وملاحظات الأطباء الذين يعالجون المواليد المصابين بصغر الرأس لا تقل عنها أهمية. وقد تغذي هذه الملاحظات بعض التأكيدات المطلوبة، إلا أن تقارير الأطباء في البرازيل تشير بوضوح إلى احتمال وجود حلقة مفقودة.

عمومًا.. لا يزال فيروس "زيكا" يسلط الضوء مرة أخرى على المشكلة القائمة بشأن أفضل طريقة للاستعداد للأمراض الطارئة، التي قد تشكل ـ أو لا تشكل ـ خطرًا حقيقيًّا على الصحة العامة، فاكتساب معلومات موثقة حول الموضوع أمر في غاية الأهمية، حيث إن له علاقة بتخفيض تكاليف وثيقة التأمين لتطوير العلاجات التجريبية، واللقاحات المهمة؛ لمقاومة ما يشكِّل أخطارًا محتملة.

يُعتبر القضاء على البعوضة الناقلة للمرض هو أهم خطوة حالية يجب اتخاذها. وبرغم أنه ليس من السهل السيطرة على ناقلات المرض، إلا أن جهود الحملات الجماعية هي عمل طويل المدى في كل الحالات. وحتى لو تبين أن خطر فيروس "زيكا" كانت هناك مبالغة في تضخيمه، فإن الجهود المتضافرة الراهنة سوف يكون لها مردود إيجابي في تخفيف عبء الأخطار القائمة لأمراض حمى الضنك، وشيكونجونيا في الأمريكتين. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الحــدس الــرقــمـــي

برنامج حاسوبي يستطيع هزيمة البشر في لعبة "جو" المجردة، سيعيد تعريف علاقتنا بالآلات.

الحدس هو موهبة امتلكها نابليون، وكذلك تشارلز داروين، كما تتوافر لدى بطل التنس السويسري روجيه فيدرر. ويُعَرِّف القاموس الحدس بأنه معرفة نحصِّلها دون تفكير واعٍ، أي صُنْع القرار استنادًا إلى استجابات غريزية فيما يبدو، أي أنه تفكير "بدون تفكير".

والحدس مهارة بشرية بامتياز، أو هكذا نحب أن نعتقد، أو بشكل أَدَق.. هكذا كنا نحب أن نعتقد، حيث إنه فيما يمكن أن يُعتبر بمثابة لحظة تاريخية للذكاء الاصطناعي، أعلن العلماء في يناير الماضي أنهم توصلوا إلى صنع حاسب مزود بمهارة الحدس، إذ تعمل الآلة بشكل تقليدي، وفقًا لبرمجتها، ولكنها كذلك تختار ما ينبغي عليها فعله على أساس شيء ما ـ معرفة، أو خبرة، أو مزيج منهما ـ لا يمكن لمبرمجيها التنبؤ به، أو تفسيره تفسيرًا كاملًا. وفي الاختبارات المحدودة التي أُجريت حتى الآن، أثبت الحاسب أنه يمكنه اتخاذ تلك القرارات الحدسية بطريقة أكثر فعالية بمراحل مِن أكثر البشرِ مهارةً. فالآلات الآن لا تحقق تقدمًا فحسب، بل بدأت تحرز السبق.

وبشكل روتيني.. يناقش خبراء الأخلاق، وعلوم الحاسوب، والذكاء الاصطناعي، ما إذا كانت الآلات الذكية في المستقبل سوف تَستخدِم إمكاناتها في الخير، أم الشر. ويقوم هذا المثال الأحدث للاكتشاف الرقمي بوضع الشبكات العصبية على محك العمل على مشكلة من العمر نفسه تقريبًا، وهي كيفية الفوز في اللعبة اللوحية المسماة "جو" Go.

لعبة "جو" غير معروفة جيدًا في الغرب خارج ندوات إدارة الأعمال، ولكنها أقدم وأكثر تعقيدًا وصعوبة من الشطرنج. ومع ذلك.. فهي أبسط في تعلُّمها ولعبها، حيث يتناوب لاعبان في وضع أحجار سوداء أو بيضاء على الشبكة. وعندما يحاط حجر بالمنافسين، تتم إزالة الحجر من على اللوح. ويتحقق الفوز بالسيطرة على معظم الأراضي، كما في الكثير من الحالات في الحياة والحروب، وتحظى اللعبة بشعبية كبيرة في بلدان شرق آسيا، ويتنافس لاعبون من اليابان والصين وكوريا الجنوبية بشكل معتاد في بطولات احترافية تُعرض على التليفزيون.

أتقنت أجهزة الحاسب لعبة الشطرنج منذ عقدين من الزمن، عندما فاز الحاسب "ديب بلو" Deep Blue من شركة IBM على جاري كاسباروف بطل العالم آنذاك في عام 1997، ولكن كان يُتصوّر أن لعبة "جو" في مأمن من الهزيمة على يد الذكاء الاصطناعي. ويعود ذلك ـ بشكل جزئي ـ إلى أن كل التحركات الممكنة في لعبة "جو" ـ فضلًا عن التراكيب "التباديل" الناشئة عن وضع الأحجار على سطح اللوحة ـ تُعد كبيرة جدًّا، لدرجة تصعب على أي جهاز حاسب معالجتها ومقارنتها لاختيار مناورة واحدة في اللعبة. وينطبق الشيء نفسه على لعبة الشطرنج، ولكن التنوع في قيمة كل قطعة من الشطرنج يجعل من الممكن اتباع بعض الطرق المختصرة، أما في لعبة "جو"، فجميع الأحجار متكافئة، ويمكن أن تنتقل تأثيراتها عبر مسافات كبيرة على اللوحة.

وقد أماط علماء الحاسب في شركة "ديب مايند" DeepMind بلندن ـ التابعة لـ"جوجل" ـ اللثام عن وريث حاسب "ديب بلو"، وهو برنامج يُسمى "ألفا جو" AlphaGo، حيث هَزم البرنامجُ بطلَ أوروبا للعبة "جو" في أكتوبر 2015، وذلك بخَمْس مباريات للحاسب، مقابل لا شيء لبطل أوروبا. ولوضع ذلك في السياق الذي يوضحه، نرى أنه في زمن حاسب "ديب بلو"، كان بوسع إنسان مبتدئ، مارَس اللعبة لأسبوع واحد فقط، هزيمة أفضل برامج الحاسب للعبة "جو" بسهولة. ومن المقرَّر هذا الشهر إقامة مباراة بين برنامج "ألفا جو"، وأفضل لاعب في العالم في هذا العقد.

لا يمكن لبرنامج "ألفا جو" أن يفسر كيف يختار تحركاته، لكنّ مبرمجيه أكثر انفتاحًا من نظرائهم من مبرمجي حاسب "ديب بلو" فيما يتعلق بنشر كيفية بنائه. وفي السابق، كانت برامج الحاسب للعبة "جو" تَستكشِف التحركات عشوائيًّا، لكن التقنية الجديدة تعتمد على مجموعة من الشبكات العصبية العميقة. وتم تدريب تلك الشبكات لمحاكاة تحركات أفضل اللاعبين البشر، ولمكافأة الفوز، والحدّ من نتائج أي موضع على اللوحة ـ باستخدام التوزيع الاحتمالي ـ واستخلاص قرار واحد للحركة منها، بحيث تصبح الحركة مؤدية إلى: الفوز، أو الخسارة. وعن طريق تضافر استراتيجيات التعلم الآلي معًا، يمكنها أن تقلِّل بشكل كبير من عدد التحركات المحتمَلة التي يقوم البرنامج بتقييمها، والاختيار فيما بينها، بطريقة تبدو حدسية.

> «... حيث تصبح الآلة "عرّافة"، وينبغي تصديق أحكامها».

كما يتضح من النتائج أن التحركات التي يختارها برنامج "ألفا جو" تكون صحيحة دائمًا، لكن التفاعل بين شبكاته العصبية يعني أن الإنسان لا يكاد يتمكن من فحص طريقة عمله، أو التحقق من قراراته قبل اكتمال تنفيذها. ومع انتشار استخدام أنظمة الشبكات العصبية العميقة في حياتنا اليومية ـ وهي تُستخدم بالفعل لتحليل المعاملات المالية، والتوصية بأفضلها ـ يُبرِز ذلك مفهومًا مثيرًا للاهتمام عن علاقة البشر بالآلات، حيث تصبح الآلة "عرّافة"، وينبغي تصديق أحكامها.

فعندما يطلب جهازُ حاسب تقليدي من مهندس وَضْع مسمار، أو لِحَام في مكان محدد على جناح طائرة، يمكن للمهندس ـ إذا رغب ـ أن يرفع غطاء الجهاز، ويدرس الافتراضات والحسابات في الداخل. وهذا هو السبب في أننا سعداء بالطيران، فالآلات الحدسية سوف تحتاج إلى "أكثر من الثقة المتناهية" فيها. ■

مــستقبَــــل آمِـــن

إنّ التقدم في مجال البحث العلمي يعني أنه حان الوقت للتصديق على حظر تجارب الأسلحة النووية.

يشهد هذا العام حلول الذكرى العشرين للاتفاق على "معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية" CTBT. وتواكِب هذه الذكرى آخر تفجير نووي في كوريا الشمالية؛ فاستمرار هذه الدولة في إجراء التجارب ـ وهذه هي التجربة الرابعة منذ عام 2006 ـ يضعها على طريق تطوير الرؤوس الحربية المصغرة، التي يمكن أن توضع على الصواريخ، مما يعرِّض المنطقة إلى خطر سباق التسلح، وازدياد عدم الاستقرار العالمي. وتمثل كوريا الشمالية أحد أسباب عدم تفعيل المعاهدة، فهذه الدولة الدكتاتورية هي واحدة من ثماني دول لديها قدرات نووية، ولم تُوَقِّع على الاتفاقية بعد، إضافة إلى الصين، ومصر، والهند، وإيران، وإسرائيل، وباكستان، والولايات المتحدة.

وبرغم أن قدرات العلم تبدو محدودة في خضم دوّامة صراعات القوى العالمية والتوازنات الإقليمية، إلا أن العلم نجح من قَبْل في إحداث فارق؛ فأحد أهم الأسباب التي جعلت الكثير من الدول مستعدة للتوقيع على المعاهدة في عام 1996، هو البحث الدؤوب الذي أجرته مجموعة من العلماء العالميين المعروفين باسم "مجموعة الخبراء العلميين"، التي تأسست قبل إبرام المعاهدة بعشرين عامًا في عام 1976؛ حيث رسمت هذه المجموعة خريطة طريق جديرة بالثقة، شارحة أنواع التقنيات اللازمة للتحقُّق من عدم قدرة أي دولة على الاحتيال، والإخلال بالتزاماتها المذكورة بالمعاهدة، أو إجراء تجارب سِرِّية، دون اكتشاف أمرها، مما يمنح المجموعة التي أَخَلَّت بالمعاهدة تفوقًا عسكريًّا على الدول الملتزِمة بالمعاهدة.

ويمكن للعلماء حاليًّا أن يقدموا يد العون من جديد، وأقل ما يمكنهم عمله هو أن يوضحوا للساسة أنه تم بالفعل تخطِّي أوجه الاعتراض الفنية الأساسية للولايات المتحدة بشأن التصديق على المعاهدة، حيث إنه في عام 1999 رفض مجلس الشيوخ الأمريكي تشجيع الرئيس بيل كلينتون آنذاك للموافقة على التصديق على المعاهدة، بعدد أصوات 51 صوتًا، مقابل 48؛ وذلك بسبب عدم اقتناع المعارِضين بالتصديق على المعاهدة بوصول التقنيات المستخدَمة إلى درجة التطور التي تؤهلها للكشف عمّن يحتالون على التزامهم بالمعاهدة، أو تؤهلها لضمان صلاحية وسلامة المخزون الأمريكي الحالي من الأسلحة النووية، بدون إجراء اختبارات تفجيرية.

وبالنظر إلى قوة السياسات الحزبية الآن في واشنطن، قد تبدو أي آمال متعلقة بجهود جديدة تقوم بها الولايات المتحدة من أجل التصديق على معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية ضربًا من الخيال، ولكن في إحدى الندوات التي نظَّمتها وزارة الطاقة الأمريكية في أكتوبر من عام 2015، دعا وزير الخارجية جون كيري إلى ذلك بالضبط، قائلًا إن الإدارة الأمريكية عازمة على "إعادة فتح وإحياء الحوار بشأن المعاهدة". كما دعم كبار العلماء الحكوميين التصديقَ على المعاهدة في هذه الندوة، مثل وزير الطاقة الأمريكي إيرنست مونيز ـ صاحب الدور المهم في الوساطة في الاتفاق المبرَم بين الغرب وإيران بشأن البرنامج النووي الإيراني في يوليو الماضي ـ ورؤساء مَعامل الأسلحة النووية الأمريكية الوطنية: لورنس ليفرمور، ولوس ألاموس، وسانديا.

وأشار كيري والعلماء إلى أن التقدم الذي تم إحرازه في البحث العلمي يعني أن الأمور التي كان مجلس الشيوخ قلِقًا بشأنها في عام 1999 لم تعد قائمة، كما أن

اكتشاف الاختبار النووي الذي أُجري في كوريا الشمالية خلال دقائق من إجرائه، يؤكد لنا مرة أخرى أن نظام الرصد الدولي التابع للّجنة التحضيرية لـ"منظمة معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية" ـ ومقرها في فيينا ـ قادر على أداء المهمة التي صُمم للقيام بها بكفاءة. كما أظهر برنامج "الإشراف على المخزون الأمريكي من الأسلحة النووية" US Stockpile Stewardship Program ـ الذي أُنشئ في عام 1995 ـ أن التطور الذي حدث في محاكاة الكمبيوتر للواقع، وغيره من التقنيات الحديثة يمكنه أن يضمن صلاحية وسلامة المخزون الأمريكي، بدون تجارب نووية. وعلى الرغم من عدم تفعيل "معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية" بعد، إلا أنها وضعت معيارًا دوليًّا، فباستثناء كوريا الشمالية، امتنعت كل الدول عن إجراء تجارب نووية منذ عام 1998، بينما أجرت كل من الهند، وباكستان تجربتين نوويتين.

لَدَى الولايات المتحدة الآن فرصة لتثبت زعامتها، وذلك بتصديقها على المعاهدة؛ حيث سيشكِّل ذلك ضغطًا كبيرًا على الصين، والهند، وباكستان، وباقي الدول؛ لتحذو حذوها. وبالنسبة إلى إيران، فبعد النجاح الذي حققته على الصعيد الدبلوماسي في اتفاقها النووي مع ست قوى عالمية كبرى، فهي في موضع قوة يؤهلها للتصديق على المعاهدة. وبهذا.. يبقى توقيع كوريا الشمالية على المعاهدة، وهي الدولة الأشد جموحًا بين الدول غير المُوَقِّعة، وذلك كي تدخل المعاهدة حيز التنفيذ أخيرًا. وبرغم ذلك.. يوضح لنا اتفاق إيران، ومفاوضات باريس بشأن المناخ أنه يمكن للدبلوماسية أن تحقِّق انتصارات في أصعب المواقف.

ما سبق لا يعني أن المعاهدة وحدها ستتمكن من حلّ المشكلات المعقدة لحيازة الأسلحة النووية، ولا سيما رفض الدول المسلحة نوويًّا احترام التزامها بمعاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية المبرَمة في عام 1970، ومراوغتها بشأن القيام بجهود جادة؛ من أجل نزع الأسلحة النووية. وعلى أي حال، سيمثل التصديق على معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية انتصارًا وإنجازًا للأدلة المستنِدة إلى العلم والدبلوماسية في نزع السلاح النووي؛ فقد لعب العلماء دورًا مهمًّا في دعم الاتفاق النووي مع إيران. ونحن في حاجة إليهم الآن؛ لإقناع الساسة بأهمية معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية، كاتفاق آخر لصالح تحقيق الأمن الدولي. ■

الاقتصاد الأزرق مشروع المستقبل

يمكن أن تقوم الأراضي الرطبة الساحلية بدور حاسم في المعركة ضد التغير المناخي.

شهد العقد الماضي تضافر جهود العلماء وصانعي السياسات؛ لوضع إطار يستند إلى أسس علمية، تحت إشراف الأمم المتحدة، من أجل حماية الجزء المتبقي من الغابات المدارية؛ حيث تساعد هذه النظم البيئية الغنية بالكربون على تلطيف المناخ، فضلًا عن أنها تمثل كنزًا حقيقيًّا من التنوع الحيوي، وموردًا مهمًّا للسكان المحليين والأصليين. وفي الإطار ذاته، شرعت الحكومات في جميع أنحاء المناطق المدارية في إدراج المحافظة على الغابات ضمن برامجها المناخية والتنموية. وقد حان الوقت الآن لتطبيق هذه السياسات على الأراضي الرطبة الساحلية.

تمتص المحيطات ما يقرب من نصف انبعاثات الكربون في العالم، وتشير تقديرات الأمم المتحدة إلى أن ما لا يقل عن نصف عمليات حجز ذلك الكربون تتم في الأراضي الرطبة ذات "الكربون الأزرق". وتقوم هذه النظم البيئية ـ التي تتسم بملوحة مياهها، إضافة إلى وجود كميات كبيرة من الأعشاب البحرية وأشجار المانجروف ـ بتعزيز وجود المصائد السمكية الصحية، واحتجاز الكربون في تربتها. وكذلك تحافظ أشجار المانجروف على هذه التربة من التفتت والانجراف، كما تشكِّل خط الدفاع الأول ضد العواصف الشديدة، وتمنع تسرب المياه المالحة إلى المياه الجوفية المحلية. لقد فقد العالَم على مدار العقود الماضية أكثر من ثلث أشجار المانجروف، وأصبح أكثر استسلامًا لمشروعات مزارع الجمبري، وحقول الأرز، ومزارع النخيل، التي يتم التوسع فيها سنويًّا، إضافة إلى مشروعات التنمية السياحية والعقارية. ولا شك أن هذه المشروعات من شأنها أن تدرّ أرباحًا طائلة، لكن البيئة هي التي تدفع الثمن.

ورغم الجهود الجبارة المبذولة حاليًّا لوقف هذا النزيف البيئي، إلا أن المشروعات الرائدة التي حققت نجاحات على هذا الصعيد لا تزال قليلة. وتمثل السنغال موطنًا لأحد هذه المشروعات، حيث شهدت البلاد في عام 2008 تدشين أكبر مشروع في العالم لاستعادة أشجار المانجروف، تَمَكَّن من خلاله سكان القرى من زراعة حوالي 79 مليون شجرة مانجروف في مساحة تزيد على 7,900 هكتار. وقد تم تسجيل المشروع واعتماده من قِبَل مشروعات "آلية التنمية النظيفة" CDM، التابعة لبروتوكول كيوتو، ويستفيد المشروع الآن من بيع أرصدة الكربون.

كما أطلق برنامج الأمم المتحدة للبيئة في عام 2010 مبادرة "الكربون الأزرق"، التي تسعى إلى تغيير التوجهات الحالية، وزيادة رقعة الأراضي الرطبة الساحلية بموجب الإدارة الفعالة بحلول عام 2025. ويفتح اتفاق المناخ العالمي ـ الذي تم توقيعه في باريس في ديسمبر الماضي ـ الباب أمام تعزيز هذه الجهود؛ على سبيل المثال، عن طريق دعم تجارة الكربون، وتدشين برنامج على غرار مشروعات "آلية التنمية النظيفة"، يسمح للدول والشركات بدفع الأموال؛ مقابل الحدّ من الانبعاثات، أو إنشاء مخزون من الكربون على غرار المشروع المقام في السنغال. كما سيصبح الأمر متروكًا للحكومات بشأن إدراج إدارة المناطق الساحلية ضمن خططها المناخية، والشروع في بناء ما أَطلق عليه البعض "الاقتصاد الأزرق/الأخضر".

وتؤكد الأدلة المتوافرة حاليًّا ضرورة مواصلة هذه الجهود؛ حيث يمكن لأنظمة أشجار المانجروف البيئية وحدها أن تخزِّن في تربتها كمية من الكربون تصل إلى 20 مليار طن، أي ما يعادل انبعاثات الكربون في العالم في أكثر من سنتين، وسوف تتسرب غالبية هذه الكمية إلى الهواء في حالة تدمير هذه الأشجار. كما أكدت إحدى الدراسات التي أُجريت في عام 2012 أن المحافظة على غابات المانجروف يمكن أن تكون فعّالة بتكلفة قدرها ما بين 4 إلى 10 دولارات أمريكية فحسب لكل طن من ثاني أكسيد الكربون، وهي التكلفة التي تقع في نطاق معدلات الأسعار الحالية في نظام تجارة الكربون الأوروبي (J. Siikamäki *et al*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109**, 14369-14374; 2012).

في بعض الحالات يمكن أن يكون نظام تجارة كربون الغابات المعمول به حاليًّا مفيدًا لعمليات حماية غابات المانجروف واستعادتها؛ إذ يساعد هذا النظام الدول المتقدمة على الاستثمار في الجهود الرامية إلى الحدّ من ظاهرة إزالة الغابات في الدول النامية، لكن هذا يتطلب المزيد من الاستعانة بالعلم؛ لتوثيق حدود المشكلة؛ والوقوف على أسبابها من جانب، ولتوفير البيانات اللازمة، إذا توجهت الدول نحو إدراج الأراضي الرطبة الساحلية ضمن مخزوناتها من الكربون، وتخطيطها لمواجهة التغيرات المناخية من جانب آخر. ونحن لا نعرف سوى أقل القليل عما يحدث للكربون المحتجَز في النبات والتربة عند استخدامهما لأغراض أخرى.

> «الكوكب الذي تدعوه البشرية وطنًا لها يَعرِف بالفعل كيف يحتجز الكربون».

وعلى غرار ما حدث عند معالجة إزالة الغابات الاستوائية، يمكن أن يتحرك العلم والسياسة قدمًا في خطين متوازيين؛ حيث ستسهم الدول في دفع عجلة التقدم في قطاعي العلوم والسياسات أثناء اضطلاعها بمهام وضع سياسات إدارة المناطق الساحلية. وتلوح في جمهورية الدومينيكان فرصة حقيقية لتطبيق هذا النموذج، حيث وضعت الدولة خطة شاملة؛ للحدّ من الانبعاثات، عن طريق المحافظة على غابات المانجروف، واستعادة ما تَعَرَّض منها للإزالة. وقد تم تسجيل هذا المشروع ضمن مشروعات الأمم المتحدة، ويتضمن العديد من الأهداف العلمية، بما في ذلك التحديد الكمي لاحتجاز الكربون، والسعة التخزينية لهذا النوع من النظم البيئية؛ مما سوف يسهم بقوة في التوصل إلى إطار ملائم للسياسات العامة، وتقديم الأساس العلمي لأي عوائد اقتصادية يمكن أن تحصل عليها هذه المبادرة على مدار السنوات والعقود القادمة.

إن تحقيق أهداف اتفاق باريس ـ التي تتمثل في احتواء ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي على مدار القرن الواحد والعشرين ـ يتطلب اتخاذ إجراءات عاجلة على جميع الأصعدة؛ إذ يتعين على الدول العمل على الحدّ من انبعاثات الكربون الصناعية، مع التأكيد ـ في الوقت نفسه ـ على ضرورة استمرار النظم البيئية الطبيعية في الاضطلاع بأدوارها الحيوية، وهو أمر ليس بالعسير.. فالكوكب الذي تدعوه البشرية وطنًا لها يَعرِف بالفعل كيف يَحتجِز الكربون، ولم يبق إلا أن نطلق الغابات والأراضي الرطبة الساحلية المتوافرة لدينا؛ للعمل لصالحنا. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM

للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الهند في حاجة إلى إنتاج أغذية معدَّلة وراثيًّا محليًّا؛ لتُوقِف المجاعات

يرى **أنوراج شاوراسيا** أنه يجب على العلماء الهنود تطوير محاصيل معدلة وراثيًّا محليًّا، بدلًا من الاعتماد على التقنيات الأجنبية غير الملائمة للهند.

أعلن رئيس الوزراء الهندي ناريندرا مودي ـ في بداية يناير الماضي ـ خريطة طريق لتنظيم العلوم والتقنية بالهند خلال العقدين التاليين. وقد أظهرت الخطة التي أُطلقت في المؤتمر الهندي للعلوم في جامعة ميسور تناولًا حذرًا لبعض التقنيات، مثل المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا، واضعين في الاعتبار أن "بعض أوجه التقنيات الحيوية أثارت مشكلات قانونية وأخلاقية خطيرة على مدار السنوات الأخيرة". وكل هذا حقيقي، ولكن هناك كارثة أخرى أكبر بكثير تلوح للهند، فوفقًا لتقرير الأمم المتحدة لعام 2015 بخصوص التوقعات السكانية في العالم، ستتخطى الهندُ الصينَ في عدد السكان بحلول أوائل العقد القادم، وستكون بذلك أكبر دولة على وجه الأرض من حيث عدد السكان، وبالتالي ستضم أكبر عدد من الأفواه التي تحتاج إلى الطعام. وقد صُنفت الهند بالفعل على أن لديها مشكلة جوع "خطيرة"، وفقًا للمؤشر العالمي للجوع لعام 2015، الذي يصدره المعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية.

ومن ثم، فخطر عدم إيجاد الطعام الكافي يحدق بجزء كبير من الجيل الجديد من الهنود، ولكنْ مِن أين يُمكننا الحصول على مزيد من الطعام؟ فمستوى إنتاج الحبوب راكد، والزحف الحضري السريع يقلل مساحات الأراضي الزراعية المتاحة. ومن ثم، فالهند تحتاج إلى الاستثمار في الأساليب الزراعية الحديثة، بما فيها المحاصيل المعدلة وراثيًّا، إذا كانت تريد زيادة إنتاج الغذاء بالفعل. وقد أظهر الباحثون الهنود كفاءة وخبرة في إنتاج نباتات معدلة وراثيًّا، لا سيما عند إنتاج القطن المقاوِم للآفات، الذي اتسع إنتاجه الآن في أرجاء الهند. وبرغم ذلك.. تقوم كل هذه الإنجازات تقريبًا على أبحاث في علم الأحياء الجزيئية، أُجريت في بلاد أخرى، أعطت الجينات للهند، أو اقترضتها الهند منها، مما يترتب عليه حدوث تعقيدات؛ فعادةً ما تحدث صراعات حول حقوق الملكية الفكرية.

كان مِن أبرز الإنجازات.. إنتاج أنواع القطن المعدَّلة وراثيًّا، المنتجة للمبيدات الحشرية، التي أطلقها المجلس الهندي للبحوث الزراعية في نيودلهي في عام 2009، وهي تقوم على جين بكتيريا *Bacillus thuringiensis*، الذي تمتلك حقوق ملكيته الفكرية شركة "مونسانتو" Monsanto للتقنيات الحيوية الزراعية، الكائنة في سانت لويس، ميسوري. وقد أعقب ذلك نزاع أدَّى إلى حدوث اضطراب بين الباحثين الهنود، والمديرين، والإداريين العلميين، وذلك بخصوص حقوق الملكية، وبراءات الاختراع، والقواعد واللوائح ذات الصلة بهما.

نتيجة لذلك.. أصبحت الهند تتجه إلى الأبحاث المستندة إلى الاكتشافات القديمة، التي تختص بجينات متاحة في النطاق العام، أو الجينات التي لم تعد محميّة ببراءات الاختراع، لكن المشكلة هنا تكمن في أن الحشرات قد طوَّرت بالفعل مقاومة للسموم التي تنتجها هذه الجينات؛ فالشركات التي طورت الجيل الأول من المحاصيل المعدلة وراثيًّا باستخدام هذه الجينات انتقلت بالفعل إلى إصدارات الجيل الثاني والثالث من النباتات ذاتها. والاستخدام المتزايد لهذه التقنيات القديمة في الهند سيسرع من عملية المقاومة، ويجعل الأمر أكثر صعوبة. وجدير بالذكر أن دولًا نامية أخرى ـ من بينها باكستان ـ اتجهت إلى مثل هذه التقنيات المكررة.

وينبغي على الهند أن تتوقف عن بناء تاج محل بأحجار مقترضة من الخارج، فنحن نحتاج إلى تضافر الجهود في الوطن؛ حتى يتسنى لنا اكتشاف وتطويع الجينات اللازمة في الأحياء والمحاصيل المحلية (مثل الحمص، والأرز). وينبغي على معاهد التقنية الميكروبية في الهند أن تتعهد مشروعات في هذا الاتجاه، لأن معظم الجينات المستخدَمة حاليًّا في التحوير الجيني ذات أصول ميكروبية. ويتطلب ذلك إجراء تغيير لاتجاه استراتيجية الهند بشأن الغذاء المعدل وراثيًّا، التي اعتادت أن تهدف إلى التطوير السريع للمنتَج، بدلًا من التقييم المتأني للعلم المتبع في هذا المجال.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/vxi84m

يمكن لمثل هذه المحاصيل المعدلة وراثيًّا المنتَجة محليًّا أن تحدّ من الاعتماد على تقنيات التحوير الجيني، التي تقدمها الشركات متعددة الجنسيات، والتي تتسم بكونها باهظة الثمن، ونادرًا ما يمكن تحسينها، بحيث تلائم ظروف مناطق معينة، فبعض المحاصيل المعدلة وراثيًّا المصممة في الخارج يحتاج إلى مياه أكثر مما هو متوفر في بعض أجزاء الهند، على سبيل المثال، مما يشكل ضغطًا شديدًا على المُزارعين.

بعض المحاصيل المعدلة وراثيًّا المصممة **في الخارج** يحتاج إلى مياه أكثر مما هو متوفر في بعض أجزاء **من الهند**

ويحتاج العلماء الهنود إلى تدريب أفضل على قضايا الملكية الفكرية، لا سيما عندما يشتركون مع مجموعات أجنبية لاختبار الأحياء الجزيئية لمواردنا الطبيعية، والاستفادة منها، وإذا لم يتم ذلك، فحتى إذا حصل الباحثون الهنود على الفضل العلمي لاكتشافاتهم، ونُسبت إليهم؛ فلن يتمكنوا من المطالبة بالحق في تسويق المنتجات التي طوّروها.

أضف إلى ذلك أنه على الجهات الرقابية وضع قيود أشد على حقوق الملكية الفكرية، فهم في الوقت الحالي يركّزون فقط على تصدير المواد الملموسة، مثل البذور، والأنسجة، ولكن عليهم أيضًا تتبُّع المعلومات الجزيئية المستمدة من هذه المواد، حتى الوصول إلى مستوى الجينات، ومناطق المعزّزات الوراثية، والتصريح بملكيتها. فوفقًا لما أوردته "منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة"، تُعتبر الهند أكبر متبرع بالموارد الوراثية من المحاصيل في العالم، فنحن نتخلّى عن حقوقنا في استغلال أحد أهم ممتلكاتنا، دون أن ندرك مدى أهميتها.

تفوقت الهند ـ الدولة الزراعية ـ في علوم الفضاء، ولكنها تحتاج أن تركِّز على أرضها أكثر من ذلك، فعليها أن تحذو حذو الصين، التي تعمل ببطء منتظم ومستمر على إنشاء سوق للأغذية المعدلة وراثيًّا التي تقوم على اكتشافات محلية. وإذا ما قورنت الهند بالصين، نجد أن الهند لديها مساحة من الأراضي مزروعة بمحاصيل معدلة وراثيًّا تعادل ثلاثة أضعاف تلك المساحة لدى الصين، لكن معظم النباتات المزروعة في الهند استُزرعت بتقنيات من الخارج، بينما تضم الحقول الصينية محاصيل تم تطويرها واختبارها وتسويقها على أيدي علماء صينيين. وذلك لا يعني بالطبع أن ترفض الهند خبرات الشركات العالمية، ولكن يعني أنها يجب أن تعمل أكثر على تكوين المعرفة والمهارات على المستوى المحلي.

لم يكن المهاتما غاندي يرتدي من الملابس إلا تلك التي غزلها بنفسه، وقد منح الهند الشعار الذي يقول "من سواديشي إلى سواراج"، بمعنى "كن وطنيًّا أصيلًا؛ حتى تستطيع أن تحكم نفسك". ولذلك.. يجب على الحكومة الهندية أن تحمل هذه الرسالة على عاتقها عندما تخطط للاستثمارات المستقبلية في مجال التقنية الحيوية. فموضوع المؤتمر العلمي ـ الذي أقيم في يناير الماضي ـ كان عنوانه "العلم والتقنية من أجل التطوير الوطني في الهند"، ولا شك أن التطوير الوطني يحتاج إلى أبحاث وطنية. ■

أنوراج شاوراسيا أخصائي التقنية الحيوية بالمكتب الوطني للأحياء المجهرية المهمة زراعيًّا في كوشمور بالهند.
البريد الإلكتروني: govtofindia.icar@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث


RICHARD HAUGHTON

الاكتشافات الجديدة في الكيمياء تعيد إحياء أسئلة أساسية

يُعَدّ الجدول الدوري رمزًا واسع الشهرة لعلم الكيمياء، إلا أن مع الزيادة المطردة له يتحتم علينا أن نؤكد على أن العلم لا يهدف إلى إنتاج قوائم فقط، حسب قول **فيليب بول**.

نادرًا ما تستمع الكيمياء بأضواء الشهرة التي حظيت بها خلال يناير الماضي، إذ أعلن "الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية" IUPAC أن الصف السابع في الجدول الدوري قد اكتمل بعد اكتشاف أربعة عناصر مصنعة (ذات الأعداد 113؛ 115، 117؛ 118)، الأمر الذي أثار نقاشات جماهيرية موسعة من قبيل: ما هي الأسماء التي ينبغي أن نطلقها على هذه العناصر؟ وما هي الخواص الكيميائية التي تتميز بها؟ وما هي الحدود المستقبلية لتوسُّع الجدول الدوري؟

هذا الاستقبال الحماسي هو أمر إيجابي للكيمياء بطبيعة الحال، إلا أنه يندر كذلك أن يتم الاحتفاء والترحيب باكتشاف كيميائي، له هذا القدر الضئيل من التأثيرات على أجندة البحث العلمي. كما أن إعلان الاتحاد ـ في واقع الأمر ـ ليس إعلانًا عن اكتشاف هذه العناصر، بل هو مجرد إخطار بنتيجة تقييم المنظمة لمزاعم تصنيع هذه العناصر، ولتحديد أي العناصر لها الأولوية. والقِلَّة القليلة من المختبرات على مستوى العالم التي تملك الإمكانيات اللازمة للقيام بالمهمة المذهلة لتصنيع العناصر الجديدة لم تكن بحاجة إلى موافقة الاتحاد الدولي أولًا، قبل أن تواصل مهمتها في استكشاف هذه المناطق غير المطروقة.

كل عنصر من هذه العناصر فائقة الثقل يطرح أسئلة مثيرة للاهتمام، مثل: هل توجد ثمة منطقة تزيد فيها درجة الثبات النووي، بدلًا من أن تقل مع زيادة الكتلة؟ وهل تغيُّر التأثيرات النسبية للحركة فائقة السرعة للإلكترونات من الأنماط المتكررة لخواص العناصر في الجدول الدوري؟ لذا فإن هناك الكثير مما ينبغي أن نحتفي به وندرسه.

ما زالت مسألة اعتبار العلوم النووية تابعة لعلم الكيمياء مسألة خلافية منذ ظهور هذا المجال، إذ نظر إرنست رذرفورد إلى حصوله على جائزة "نوبل" في الكيمياء في عام 1908 عن أبحاثه على الاضمحلال الإشعاعي على أنها مزحة طريفة، وهي محاولة، يرى البعض أن المقصود بها إعادة العلوم النووية إلى الكيمياء، خاصة بعدما نال كل من ماري كوري، وبيير كوري جزءًا من جائزة "نوبل" في الفيزياء، مكافأةً عن أبحاثهما على النشاط الإشعاعي في عام 1903.

كانت هناك مسبِّبات قوية لنسبة هذا المجال إلى الكيمياء، خصوصًا في الوقت الذي اعتَمَد فيه عزل وتحليل النويدات المشعة على التطبيقات الماهرة والمبتكرة لطرق فصل الكميات الضئيلة من هذه المواد. ويمكننا تطبيق الحجة نفسها على دراسة العناصر فائقة الثقل في يومنا هذا، إذ إن التجارب التي أدت إلى تنقية وتوصيف مجموعة من ذرات العناصر ذات الأرقام التي تبدأ من 104 (رذرفورديوم)، وتنتهي برقم 108 (هاسيوم) ـ تلك العناصر التي تضمحل إشعاعيًّا في أعشار الثواني على أكبر تقدير ـ هي بلا شك أمثلة مذهلة على التحليل الكيميائي ذي الحساسية الفائقة، إلا أن الطرق التي تُستخدم لتصنيع هذه العناصر في المقام الأول ـ بواسطة قصف الأنوية الثقيلة بأيونات ثقيلة عن طريق تسريع هذه الأيونات، بحيث تكتسب مقدارًا من الطاقة، يُمَكِّنها من اختراق الحاجز الكهربائي الاستاتيكي التنافري الذي يحيط بالنواة المستهدفة ـ تُعتبر طرقًا منتمية ـ بلا شك ـ إلى علم فيزياء الطاقة العالية.

القضية الأكثر عمقًا هي مغزى اهتمام الجمهور بهذه العناصر الجديدة، وعلاقته بقيمة الجدول الدوري نفسه في أذهانهم، إذ إن تنظيم هذا الجدول للعناصر جعل منه أيقونة لعلم الكيمياء ككل. وبرغم ذلك.. لا يرجع الكيميائيون إليه إلا فيما ندر، ويعمل غالبيتهم على حفنة من العناصر الشائعة فحسب. ويصح القول إن الجدول الدوري يحمل قيمة أكبر في أذهان الجمهور من المشتغلين بالكيمياء بالفعل. وهذا أمر غريب، إذ إن هذا الوضع يشير إلى وجود فُرْقة بين نظرة الجمهور لعلم الكيمياء ـ باعتباره علم دراسة العناصر ـ وما يعمل عليه الكيميائيون بالفعل (صناعة الجزيئات والمواد، واستقصاء خواصها وتفاعلاتها).

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/vbssb1

هذا الوضع ليس فريدًا، فجدولة الأساسيات وترتيبها هو ركن مهم من أركان الفيزياء "جسيمات النموذج القياسي"، والأحياء كذلك "الشفرة الجينية، وقوائم الجينات، والتصنيف". وتحظى هذه التقسيمات بمكانة خاصة في الوعي الجمعي للجمهور، ولذا.. يُنظر إلى الفيزياء باعتبارها العلم الذي يسعى إلى اكتشاف جسيمات جديدة، (إذ تأتي الجسيمات فائقة التناظر في المكانة بعد جزيء بوزون هيجز، تصحبها جسيمات المادة المظلمة، وما شابهها)، وكذلك يصبح علم الأحياء معروفًا باعتباره المجال الذي يعمل على التعرف على "الجينات المسؤولة عن الصفات المحددة.

> لماذا لا نُطلِق لخيالنا العنان، بدلًا من وَضْع الأعلام الوطنية على الاكتشافات؟

الحماس البالغ لصنع القوائم هو أمر مفهوم؛ لأن هذه العملية تبسِّط الأفكار المعقدة، وتنظم الفوضى، وتوجهنا كذلك بصورة أساسية إلى التناظرات والمبادئ الجوهرية، كما هو الحال بالنسبة إلى الجدول الدوري وجسيمات النموذج القياسي. وكلنا نحب الأنظمة الجيدة، لكن مخاطر هذه النظرة أنها تجعل العلم يبدو وكأنه مجرد "تجميع للحقائق". وفي عصر البيانات الضخمة الذي نعيش فيه، يبدو أن هذه النظرة تسببت في تشكيل الفكرة الذهنية للجمهور عن طبيعة العلم، كما انتقلت عدواها إلى أجندات الأبحاث العلمية.

التحدي الذي يجابه الكيميائيين هو التوصل إلى طريقة لاستثمار جاذبية الجدول الدوري واتساقه، مع تفادي إرسال رسالة، مفادها أن هذا الجدول يحكي قصة أبحاثهم بالكامل. ويعزز هذا التركيز الجماهيري من أهمية السؤال عن الكيفية التي سوف تُسمى بها هذه العناصر؛ وهو أمر مثير للشفقة، بحيث إن النظرة ضيقة الأفق التي سادت في الماضي، المدفوعة بحس وطني يكاد يصل إلى التعصب، تبدو وكأنها سوف تستمر في وقتنا الحاضر، (انظر إلى هذه الأسماء: جرمانيوم، وفرانسيوم، وسكانديوم، وأميريسيوم، وعدة تنويعات على اسم مدينة "يِتيرْبِي" في السويد). كما يعتقد الكثيرون أن العنصر 113 سوف يُسمى "جابونيوم"، لأن سَبْق اكتشافه مُنِح إلى فريق بحثي يعمل في معهد "رايكن" في اليابان. فلماذا لا نُطلِق لخيالنا العنان، بدلًا من وضع الأعلام الوطنية على الاكتشافات؟

كنت لأشعر بسعادة بالغة لو أُطلق اسم "ليفيوم" على واحد من هذه العناصر، على شرف الكاتب والكيميائي بريمو ليفي، الذي يظل كتابه "الجدول الدوري" *The Periodic Table* من إصدار (دار نشر إينودي، 1975) أفضل كتاب عن الكيمياء على الإطلاق، كما كنت لأعجب بالمفارقة بين تسمية عنصر فائق الثقل باسم يرتبط لدى الكثيرين بالخفة.

اقتراحي هذا ليس مبنيًّا على الطرافة والهزل فحسب، إذ إن سجل ليفي عن الوقت الذي قضاه معتقلًا في معسكر أوشفيتز في كتابه "هل هذا هو الإنسان؟" *If This Is a Man* الذي صدر في عام 1947 يُعتبر أحد أهم مؤلفات القرن الماضي وأكثرها إنسانية، كما أنه شهادة على مقدرة العلم على منح الحرية والخلاص للعالم، وفي الوقت ذاته يعترف بقابلية العلم لأنْ يُساء استخدامه بشتى الطرق. وإطلاق اسم "ليفيوم" على عنصر ما سوف يجعل الجدول الدوري رمزًا للإنسانية بأسرها. ■

فيليب بول صحفي علمي، مقره لندن.
البريد الإلكتروني: p.ball@btinternet.com

علم الكهرباء الضوئية

مصدر عملي لفوتونات فردية

تُعَدّ مصادر الفوتونات الفردية ضرورية لحواسب الكَمّ التي تشفِّر المعلومات في شكل ضوء. وقد نجح فيزيائيون مؤخرًا في إنتاج فوتونات ذات جودة عالية، وبمعدلات عالية.

استخدم تشاو يانج لو، وجيان-وي بان وزملاؤهما ـ بجامعة العلوم والتكنولوجيا في الصين في شنجهاي ـ أشعة ليزر؛ لإثارة ذرة اصطناعية في بلورة شبه موصلة، تُعرف باسم "نقطة الكَمّ". وباستخدام نبضات ليزر مضبوطة بدقة، أنتج الباحثون فوتونات فردية ذات اتساق شبه مثالي، وصاغوا البلورة لتشمل تجويفًا على هيئة عمود صغير؛ لزيادة عدد الفوتونات المنبعثة.

يقول الباحثون إن الجهاز يُصْدِر 3.7 مليون فوتون عالي الجودة في الثانية الواحدة، وهو معدَّل يجعله جيدًا بما يكفي للتطبيقات العملية.

وحققت مجموعة أخرى، بقيادة باسكال سينيلارت وزملائها ـ بجامعة باريس ساكلي ـ نجاحًا مماثلًا باستخدام تقنية مشابهة.

Phys. Rev. Lett. **116, 020401 (2016); preprint on arXiv http:// arxiv.org/ abs/1510.06499 (2015)**



ESTHER HERRMANN

سلوك الحيوان

صداقات الشمبانزي مبنية على الثقة

لا يبدو أن الثقة صفة فريدة تميز البشر، وقد يكون لها تاريخ طويل من التطور، وفقًا لدراسة أُجريت على الشمبانزي. فقد حدَّد جان إنجلمان، وإستر هيرمان ـ من "معهد ماكس بلانك للأنثروبولوجيا التطورية" في لايبزيج، ألمانيا ـ عددًا من حيوانات شمبانزي أسيرة (*Pan troglodytes*)، صديقة لبعضها البعض، حيث نظَّفت الحيوانات أنفسها، وقضت الوقت معًا بشكل متكرر. بعد ذلك.. تم تشكيل أزواج من الحيوانات، وعرض اختيار سَحْب أحد حبلين على كل شمبانزي. أُعطي حبل "انعدام الثقة" مكافأة غذائية صغيرة للشمبانزي، وتُرك شريكه خالي الوفاض. وأُعطي حبل "الثقة" مكافأة للشريك، ويمكن إعادة جزء منها إلى الشمبانزي الآخر.

كانت الحيوانات أكثر عرضة لاختيار حبل الثقة عند جمعها بأصدقائها، منها مع غير الأصدقاء؛ ما يُظْهِر أن الثقة في العلاقات الوثيقة لا ينفرد بها البشر. يقول الباحثون إن هذه السمة ربما تطورت؛ لتحقيق استقرار الروابط الاجتماعية في الرئيسيات.

Curr. Biol. **http://doi.org/bbvs (2016)**

الكيمياء العضوية

رابطة مضغوطة تضفي تنوعًا

صَمَّم كيميائيون طريقة بسيطة لربط مجموعات كيميائية صغيرة مجهدة، دائرية الشكل، بمركّبات أدوية محتملة، حيث كانت هذه العملية صعبة من قبل. ويمكن للهياكل "المضافة" تغيير خصائص الدواء، ومن جوانب هذا التغيير ـ على سبيل المثال ـ تحسين كيفية امتصاصه في الجسم. وقد أرفق فيل باران وزملاؤه ـ بمعهد سكريبس للأبحاث في لاجولا، كاليفورنيا ـ عددًا قليلًا من هذه المجموعات، من بينها بروبيلاين ـ الذي يشبه المروحة ـ إلى جزيئات دواء، عن طريق كسر رابطة عالية الطاقة بين ذرتي كربون في هيكل الحلقة أولًا. استخدم الفريق الطاقة المنطلقة من هذه الرابطة "المضغوطة كنابض" في إضافة مجموعة جزيئية أخرى تحتوي على النيتروجين، وإنتاج جزيء يُسمى "أمين". ومن خلال استخدام الطريقة في التوليف عالي الإنتاجية، أضاف الفريق جزيئات مجهدة إلى مجموعة من المركبات الدوائية. ويقول الباحثون إن علماء في صناعة الدواء بدأوا بالفعل في استخدام هذه الطريقة.

Science **351, 241–246 (2016)**

بيولوجيا السرطان

جين يعزِّز انتشار سرطان الجلد

قد يسفِر تثبيط جين تنظيمي في سرطان الجلد "الميلانوما" عن منع انتشار الخلايا السرطانية في أنحاء الجسم، حيث ارتبط الجين *BMI1* بنمو بعض الأورام. ولدراسة تأثيره على انتشار الورم، أو النمو الثانوي، فحصت جاكلين ليز وزملاؤها ـ بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ أورام سرطان الجلد في الفئران. كانت خلايا سرطان الجلد التي عبَّرت عن مستويات عالية من *BMI1* أكثر عرضةً للانتشار إلى الرئتين من الأورام التي كانت بها مستويات عادية من *BMI1*. وعزَّز الجين أيضًا مقاومة الأدوية، وحفّز التعبير عن جينات ارتبطت بسرطان الجلد الغازي، وضعف التنبؤ بمستقبل المرض لدى البشر.

وتشير النتائج إلى أن *BMI1* قد يكون هدفًا دوائيًّا مقنعًا، وفقًا لآراء الباحثين.

Genes Dev. **30, 18–33 (2015)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تغير المناخ

المحيطات تمتص الكثير من الحرارة

وفقًا لما ذكره باحثون، ومن إجمالي الحرارة التي امتصتها محيطات العالم منذ عام 1865، تم امتصاص ما يقرب من نصفها في غضون العقدين الماضيين فحسب.

فقد فحص بيتر جليكلر وزملاؤه ـ بمختبر لورانس ليفرمور الوطني في كاليفورنيا ـ بيانات حول درجات حرارة المحيطات من قياسات أجرتها السفن، يعود تاريخها إلى منتصف القرن التاسع عشر، وشبكة شبه عالمية من أجهزة الاستشعار العائمة المنتشرة منذ عام 2004. ووجد الباحثون أن معظم الحرارة تَرَاكَم في الطبقة العليا من المحيطات.

وتشير البيانات، ونماذج محاكاة العمق الكامل للمحيطات، إلى أن أكثر من ثلث الحرارة يُخَزَّن بعد عمق 700 متر، وهذا القدر يتزايد بسرعة مع احترار مناخ الأرض.

***Nature Clim. Change* http://dx.doi. org/10.1038/nclimate2915 (2016)**

علم المواد

خبير طيّ الأوريجامي الذاتي

أنتج باحثون طبقة بوليمر رقيقة، يمكن أن تنحني بالحرارة إلى أشكال مختلفة مستوحاة من أنماط الأوريجامي (طيّ الورق).

تنحني المواد القابلة للطيّ الذاتي إمّا ذاتيًّا إلى شكل ما، وتعود إلى شكلها الأصلي، أو يتغير شكلها بصفة دائمة. وقد أنتج تاو شيه وزملاؤه ـ بجامعة تشجيانج في هانجتشو، الصين ـ مادة يمكنها القيام بالأمرين معًا. وعندما تتعرض لدرجة حرارة منخفضة نسبيًّا ـ حوالي 80 درجة مئوية ـ تتحرك السلاسل الجزيئية للبوليمر، لكن الروابط الكيميائية في الشبكة تبقى سليمة، وهو ما يجعل المادة تنطوي مؤقتًا إلى شكل محدد مسبقًا. وعند درجة حرارة أعلى، حوالي 130 درجة مئوية، تنكسر الروابط، ويعاد تشكيلها، ما يؤدى إلى تغيّر دائم في التركيب الجزيئي للمادة.

يتمكّن البوليمر من طيّ نفسه إلى أشكال مختلفة متعددة، قد تكون مفيدة ـ في نهاية المطاف ـ في الأجهزة التي تُزرع في الجسم، أو تُنشَر في الفضاء.

***Sci. Adv.* 2, e1501297 (2016)**

تحرير الجينات

تقنية "كريسبر" تعالِج مرضًا عضليًّا

استخدمت 3 فرق من الباحثين تقنية تحرير الجينات "كريسبر-كاس 9"؛ لمعالجة فئران مصابة بالصورة الأكثر شيوعًا وخطورة من الضمور العضلي.

تُعتبر حالة دوشين لضمور العضلات مرضًا مميتًا ناجمًا عن طفرات تعطِّل الجين الذي يرمّز "الدستروفين"، وهو بروتين مهم في العضلات. واستخدمت 3 فرق ـ بقيادة تشارلز جيرسباك من جامعة ديوك في دورهام، كارولاينا الشمالية، وآمي واجرز من جامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس، وإيريك أولسون من المركز الطبي الجنوبي الغربي بجامعة تكساس في دالاس ـ تقنية تحرير الجينات "كريسبر-كاس 9"؛ لإصلاح جين "الدستروفين" في الفئران التي لديها هذه الطفرات.

استخدمت الفِرَق فيروسات، من أجل توصيل مكونات تقنية "كريسبر-كاس 9" إلى خلايا عضلات الفئران الرضيعة والبالغة؛ فأنتجت الفئران المعالَجة جين دستروفين وظيفيًّا، وأبدت تحسنًّا في وظيفة عضلة القلب والعضلات الهيكلية.

***Science* http://doi.org/bbpn (2016); *Science* http://doi.org/bbps (2016); Science http://doi. org/bbpp (2016)**

علم الإحاثة

زرافة منقرضة، ضخمة الحجم

بلغ وزن إحدى قريبات الزرافة المنقرضة، التي عاشت منذ أكثر من مليون سنة، 1,800 كيلوجرام. وهو ما يجعلها واحدة من أكبر الثدييات مشقوقة الحوافر التي وُجدت على الإطلاق.

اكتُشفت بقايا الزرافة قصيرة العنق نسبيًّا *Sivatherium giganteum* لأول مرة في القرن التاسع عشر، لكن لم يقدَّر أحد كتلة الجسم بدقة حتى الآن. فقد صنع كريستوفر باسو وزملاؤه ـ بالكلية الملكية للطب البيطري في هاتفيلد، المملكة المتحدة ـ نموذجًا ثلاثي الأبعاد لهيكل هذه الزرافة (**في الصورة**)، أشار إلى أن وزنها يتراوح بين 850 و1,800 كيلوجرام، وأن الذكور لها قرون ثقيلة.



استخلص الفريق أن الزرافة لم تكن في حجم الفيلة الأفريقية الحديثة، مثلما اعتُقد في السابق، ولكنها ـ مع ذلك ـ ربما كانت أكبر الثدييات ـ التي لها أربع مَعِدَات، أو المجترّة ـ من نوعها.

***Biol. Lett.* 12, 20150940 (2016)**

الأمراض المعدية

تعديل في فيروس شلل الأطفال

عَدَّل باحثون فيروس شلل الأطفال وراثيًّا، بحيث يمكن استخدامه في لقاحات، دون التعرض لخطر انتشار المرض.

يُصنع لقاح شلل الأطفال (**في الصورة**) حاليًّا باستخدام سلالات شديدة العدوى من الفيروس. وللوقاية من الإطلاق العرضي للفيروس، دعت منظمة الصحة العالمية في جنيف، سويسرا، الشركات المصنّعة إلى التبديل لسلالات حية أُضعفت، تُسمى سلالات سابين، على الرغم من ميلها إلى التحور إلى صور معدية.



وقد أنتج فريق بحثي بقيادة فيليب مينور ـ من المعهد الوطني البريطاني للمعايير البيولوجية والرقابة في بوترز بار ـ سلالة سابين المعدلة وراثيًّا، التي لا تزال – عند تعطيلها – تستثير استجابة مناعية في الفئران. مع ذلك.. لا يتحور الفيروس إلى أشكال نشطة في السلالات الخلوية، وفشل في أن يُعْدِي قردة المكاك، ولذلك.. سيكون من المستبعَد أن ينشر المرض بين البشر، إذا أُطلِق بطريق الخطأ.

***PLoS Pathog*. 11, e1005316 (2015)**

اختيار المجتمع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

بَحْث خادع عن التقبيل يثير جدلًا

ظهرت دراسة ساخرة، تبيِّن أن قبلات الأم لم تساعد الأطفال المصابين على الشعور بتحسُّن، وتركت تلك الدراسة قرائن عديدة على أنها وهميّة. كان المموِّل هو "بروكتر آند جونسون"، وهي شركة طبية مزيفة، وكان عنوان أحد المراجع "ما الذي يحدث هنا بحق الجحيم؟". كان البحث الذي يصف تجربة خيالية عشوائية منضبطة "RCT" لأمهات يقبّلن الأطفال الصغار يهدف إلى توضيح قيود الطب القائم على أدلّة، الذي يَستخدِم بيانات من هذه التجارب الإكلينيكية في توجيه ممارسة الطب. وهناك أناس كثيرون ـ شاركوا المقال على "تويتر" ـ تظاهروا بتصديقه. وكتبت أنجيلا سميث ـ طبيبة المسالك البولية في جامعة كارولينا الشمالية للطب في تشابل هيل ـ في تغريدة: "قبلات الأمهات ليست فعّالة على ما يبدو في تسكين الجروح الطفيفة في تجربة خيالية عشوائية منضبطة – أسرتنا تقوم الآن "بالنفخ فيها""، لكن هناك معلِّقون قالوا إن المقال ـ الذي نشره محرِّر دورية "تقييم الممارسات الإكلينيكية" *Journal of Evaluation in Clinical Practice* عن قَصْد في دوريته ـ قد يكون مضلِّلًا، ويجب أن يُوصف بشكل واضح أنه ساخر.

***J. Eval. Clin. Pract.* http://dx.doi. org/10.1111/jep.12508 (2015)**

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/eGrkaj



FACUNDO ARRIZABALAGA/EPA/CORBIS

علم المناخ

فيضانات المملكة المتحدة مرتبطة بتغيُّر المناخ

لقد تزايدت مخاطر هبوب عواصف شتوية شديدة في جنوب إنجلترا، مثل التي تسببت في فيضانات واسعة النطاق في يناير من عام 2014، نتيجة لاحترار المناخ.

ومِن خلال استغلال وقت المعالجة الفائض على حاسبات شخصية لمتطوعين، أنتجت ناتالي شالر ونيل ماسي وزملاؤهما ـ بجامعة أكسفورد، المملكة المتحدة ـ أكثر من 134 ألف عملية محاكاة لطقس شتوي محتمَل في جنوب إنجلترا وويلز، في ظل ظروف مناخية سابقة وحالية. وفي عمليات محاكاة النموذج، التي استندت إلى الظروف الحالية، كان احتمال قدوم فصول شتاء رطبة للغاية أعلى بحوالي 43% منه في عمليات محاكاة تركيزات غازات الدفيئة بها قبل الثورة الصناعية.

لقد زاد احترار المناخ من الرطوبة، وبَدَّل أنماط الدوران في الغلاف الجوي؛ مما عَزَّز مخاطر الأمطار الغزيرة.

Nature Clim. Change **http://dx.doi.org/10.1038/ nclimate2927 (2016)**

أحياء فلكية

فِطْر ينجو من محاكاة لجو المريخ

ظلّت نسبة صغيرة من الخلايا الفطرية قادرة على الانقسام، بعد التعرض لظروف تحاكي المريخ على متن محطة الفضاء الدولية.

جَرَى تعريض عيِّنات مجففة من الفطريات السوداء *Cryomyces antarcticus* و*Cryomyces minteri* ـ التي تعيش داخل صخور القطب الجنوبي ـ لمدة 18 شهرًا لمحاكاة للغلاف الجوي للمريخ، الذي نسبة ثاني أكسيد الكربون به 95%، وكذلك لمستويات عالية من الأشعة فوق البنفسجية، والإشعاع الكوني. ووجد سيلفانو أونوفري وزملاؤه ـ بجامعة توشيا في فيتربو، إيطاليا ـ أن أقل من 10% من العيِّنات انقسمت وشَكَّلت مستعمرات بعد إعادتها إلى الأرض. ومع ذلك.. بقي حوالي ثلثي الخلايا سليمًا، وأنتجت الخلايا حمضًا نوويًّا مستقرًّا.

يقول الباحثون إن هذه النتائج قد تفيد عمليات البحث في المستقبل عن أدلّة وجود حياة على سطح المريخ.

Astrobiology **15, 1052–1059 (2016)**

علم البيئة الميكروبي

اكتشاف جراثيم عتيقة من جينوماتها

جَمَع باحثو جينومات مجموعة من الكائنات وحيدة الخلية المكتشَفة حديثًا، مما يقدِّم أدلّة على عملية الأيض بها.

تُعتبر الجراثيم العتيقة مختلفة عن البكتيريا، وتخضع لدراسة أقل عادةً. وفي سبيل العثور على جراثيم عتيقة جديدة غير مستزرَعة، استخرج بريت بيكر وزملاؤه ـ بجامعة تكساس في أوستن في بورت أرانساس ـ الحمض النووي في عيِّنات أسطوانية رسوبية من تحت الماء من مصبّات الأنهار في ولاية كارولينا الشمالية، وحَلَّلوه. وقام الباحثون بإعادة تكوين ثلاثة جينومات شبه كاملة من جراثيم عتيقة، تنتمي إلى مجموعة جديدة، أسماها الباحثون Thorarchaeota.

ولُوحظ أن الكائنات الحية تمتلك العديد من جينات تكسير البروتينات ونقل الأحماض الأمينية، مما يشير إلى أن البروتينات هي مصدر الكربون الأساسي لها. وربما تقوم الميكروبات أيضا بتدوير الكبريت بيوكيميائيًّا في الرواسب.

يقول الباحثون إن التعرف على هذه الكائنات يوفِّر معلومات عن جزء رئيس من شجرة حياة الجراثيم العتيقة.

ISME J. **http://doi.org/bb7p (2016)**

سلوك الحيوان

لون الأخطبوط ينذِر بالقتال

يَستخدِم الأخطبوط لون الجسم ووضعيته في التواصل مع الآخرين أثناء المواجهات العدوانية، مما يشير إلى احتمال تآلفه مع ما حوله عن ذي قبل.

يُعَدّ الأخطبوط حيوانًا أكثر انعزالًا من عديد من أنواع الحَبّار، أو السِّبيدَج. فقد استعرض ديفيد شيل وزملاؤه ـ بجامعة ألاسكا باسيفيك في أنكوريج ـ تفاعلات مصورة بين أزواج من *Octopus tetricus* قبالة ساحل ولاية نيو ساوث ويلز، أستراليا. كان الأخطبوط أكثر قتامة عندما كان على وشك قتال حيوان يقترب، وأكثر شحوبًا عندما قرر الفرار. وعندما كان داكن اللون، غَيَّرت الحيوانات أيضًا وضعية أجسادها، بوقوفها منتصبة على أرض مرتفعة، وبسط الشبكات بين أذرعها.

يقول الباحثون إن الأخطبوط قد يَستخدِم هذه الإشارات؛ لإشعار منافِسه بحجمه وقوته، واستعداده للقتال.

Curr. Biol. **http://doi.org/bb6f (2016)**

الهندسة الحيوية

خلايا محمية تعالج السكري

تعيد خلايا منتِجة للإنسولين ـ مشتقة من خلايا جذعية بشرية ـ نسبة السكر في الدم إلى مستواها الطبيعي عندما تغلَّف بمادة بيولوجية مسامية، وتزرع في فئران مصابة بداء السكري.

يمكن علاج الأشخاص الذين يعانون من مرض السكري الحاد من النوع الأول في بعض الأحيان بزرع الخلايا المنتجة للإنسولين، المستخرَجة من الجثث، لكن المتاح من الخلايا محدود. ويجب على المتلقي أيضًا المداومة على الأدوية؛ لوقف الجهاز المناعي من مهاجمة الخلايا. وبدلًا من ذلك.. اشتق دانيال أندرسون وزملاؤه ـ بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ خلايا بيتا منتجة للإنسولين من خلايا جذعية جنينية بشرية، وغلّفوها بمادة تُسمى "ألجينات" TMTD.

وعندما زُرعت الخلايا المغلفة في فئران مصابة بالسكري، صارت محميّة من الهجوم المناعي. وظلت الحيوانات كذلك محافِظة على مستوى السكر الطبيعي في الدم، حتى أزيلت الخلايا المزروعة بعد 174 يومًا.

Nature Med. **http://dx.doi.org/10.1038/nm.4030 (2016)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الكيمياء

بوليمرات منسوجة في شبكة مَطّاطة

توفر البوليمرات العضوية المنسوجة في إطار ثلاثي الأبعاد وسيلة جديدة لصنع مواد مرنة، لها خصائص قابلة للضبط.

وتُعَدّ الأطر العضوية التساهمية هياكل عالية المسامية، ولها العديد من التطبيقات الواعدة، لكنها جامدة عادة. وقد أنتج عمر ياجي ـ من جامعة كاليفورنيا، بيركلي ـ وأوسامو تيراساكي ـ من جامعة ستوكهولم ـ وزملاؤهما ذلك الإطار، ويُطلق عليه اسم COF–505. والإطار مصنوع من لَبِنَات فردية من أيونات نحاس، تحمل أجزاء من بوليمر. وأسفر رَبْط هذه الوحدات بجزيئات خطية عن تشكيل بلورات ذات أشكال هندسية رباعية السطوح، مثل الماس.

أزال الباحثون بعد ذلك أيونات النحاس، ليتركوا خيوط بوليمر حلزونية متشابكة. وكانت مرونتها مجتمعة عشرة أضعاف المادة السالفة. ويمكن أيضًا استبدال أيونات النحاس، مما يزيد من إمكانية تحميل نسيج البوليمر بمحفزات معدنية، أو استخدامه لامتصاص أيونات المعادن من النفايات السائلة.

Science **351, 365–369 (2016)**

US FWS/RYAN VON LINDEN, NY DEPT OF ENVIRON. CONSERV./SPL

علم المواد

أَضِفْ ماء إلى زهور مطبوعة ثلاثية الأبعاد

طَبَعَ باحثون مركّبات هلام مائي ثلاثية الأبعاد، تنتفخ وتتحول إلى أشكال زهور عندما تغمر في الماء.

فقد استخدم لاكشيمينارايانان ماهاديفان، وجنيفر لويس وزملاؤهما ـ بجامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس ـ حبرًا مصنوعًا من ألياف سليلوز مدمجة في مصفوفة هلام مائي، تحاكي جدران الخلايا النباتية، وتنتفخ في الماء. وعن طريق التحكم في محاذاة الألياف في الحبر أثناء الطباعة، أنتج الفريق عدة مواد مسطحة، تنثني وتلتوي عندما تُوضع في الماء، منتِجةً هياكل تحاكي الزهور **(في الصورة)**.

يمكن استخدام ذلك النهج في إنتاج هياكل مصممة تغير شكلها، تُستخدم في تطبيقات طبية حيوية، أو منسوجات ذكية.

Nature Mater. **http://dx.doi.org/10.1038/nmat4544 (2016)**

NATURE MATER.

علوم المحيطات

منسوب البحار يزداد حسب المنطقة

أسْهَم تمدُّد المحيطات في ظل احترار المناخ في ارتفاع مستويات البحر العالمية بنحو 1.38 ملِّيمتر سنويًّا، أي ضعف التقديرات السابقة تقريبًا.

فقد حَلَّل رولف ريتبرويك وزملاؤه ـ بجامعة بون في ألمانيا ـ ارتفاع سطوح البحار من البيانات الرادارية لأقمار صناعية، وبحثوا التغيرات في تخزين المياه بواسطة القمر الصناعي، لتغطية حقل الجاذبية واختبار المناخ "GRACE". ووجد الباحثون أنه بين عامي 2002 و2014، ارتفعت مستويات البحر إجمالًا بحوالي 2.74 ملِّيمتر في السنة، منها 1.38 ملِّيمتر ناجمة عن التمدد الحراري للمحيطات، و1.08 ملِّيمتر ناجمة عن ذوبان الصفائح الجليدية والأنهار الجليدية ومصادر المياه الأخرى على الأرض، مثل الأنهار.

اكتشف الفريق أيضًا اختلافات إقليمية كبيرة، فعلى سبيل المثال.. شهدت الفلبين ارتفاع مستوى سطح البحر بحوالي 14.7 ملِّيمتر سنويًّا، بسبب التمدد الحراري للمحيطات في الغالب، بينما شهدت مناطق وسط وشرق المحيط الهادئ انخفاضات.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1519132113 (2016)**



علم البيئة

اختيار الخفافيش للكهوف

يتأثر استعداد الخفافيش للإصابة بمرض فتاك برطوبة الكهوف التي تقضي فيها فترة السبات.

تتسبب عدوى الفطر *Pseudogymnoascus destructans* في متلازمة الأنف الأبيض، التي قتلت ملايين الخفافيش في أمريكا الشمالية. ويُعتقد أن هذا المرض يسرّع استخدم الخفافيش لاحتياطيات الطاقة خلال السبات، ويعرِّض الحيوانات لخطر الموت جوعًا.

ولمعرفة سبب نجاة بعض تجمُّعات الخفافيش فقط من هذه العدوى، استخدم ديفيد هايمان وزملاؤه ـ بجامعة ماسي في بالمرستون نورث، نيوزيلندا ـ نموذجًا حاسوبيًّا؛ للتنبؤ بأوقات بقاء أربعة أنواع في فصل الشتاء. خَفَّضت الرطوبة ـ بدرجة كبيرة ـ فرص البقاء، وهو ما قد يفسر لماذا يتأثر الخفاش الصغير البُنِّي (*Myotis lucifugus*، **في الصورة**) ـ الذي يقطن الكهوف الرطبة الدافئة خلال السبات ـ أكثر من أنواع الخفافيش الأخرى.

وتُعَدّ الخفافيش الأكبر ـ ومن بينها التي تعيش في أوروبا ـ أكثر احتمالًا للنجاة من العدوى.

Sci. Adv. **2, e1500831 (2016)**

علم الفلك

اضطرابات تعكِّر مجرّة مضيئة

تنفث ألمع مجرّة معروفة الغازَ في الفضاء، وتوفر للفلكيين لمحة نادرة عن كيفية تطوُّر المجرّات القصوى.

إنّ المجرّة المعروفة باسم W2246–0526 يوازي سطوعها 350 تريليون شمس كَشَمْسِنا، وتستمد الطاقة من وجود ثقب أسود هائل في قلبها. وقد استخدم فريق بحثي بقيادة تانيو دياز-سانتوس ـ من جامعة ديجو بورتاليس في سانتياجو، شيلي ـ مصفوفة مرصد "أتاكاما" الكبير الملّيمتري/دون الملّيمتري عالية الدقة في شيلي؛ لدراسة أيونات الكربون المندفعة خارج المجرّة.

يندفع الغاز بسرعة تبلغ حوالي مليوني كيلومتر في الساعة، مضيئًا الفضاء المحيط إضاءة متقدة. وربما تقذِف المجرّة W2246–0526 الكثير من طاقتها، وقد تصبح أكثر هدوءًا في المستقبل.

Astrophys. J. Lett. **816, L6 (2016)**

جيوفيزياء

اهتزاز غير طبيعي في كاليفورنيا

ربما يؤدي التنقيب عن النفط والغاز إلى وقوع زلازل في كاليفورنيا، حيث قد تَحجب الزلازلُ الطبيعية تلك المستحثة.

جرى الربط بين ضخ ملايين اللترات من مياه الصرف في مستودعات النفط والغاز تحت الأرض والزلازل في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك المناطق الوسطى من الولايات المتحدة، مثل أوكلاهوما. فقد حلَّل توماس جوبل وزملاؤه ـ بجامعة كاليفورنيا في سانتا كروز ـ ثلاثة زلازل، بلغت شِدّتها 4 درجات، أو أعلى، وقعت في اليوم ذاته في سبتمبر 2005 على طول صدع الذئب الأبيض في جنوب كاليفورنيا. وجد الباحثون أنماطًا زلزالية غير عادية، وذلك باستخدام نموذج هيدروجيولوجي، وخلصوا إلى أن حَقْن السوائل ـ الذي بدأ منذ عدة أشهر فحسب ـ ربما كان مسؤولًا عنها.

يقول الباحثون إن هناك حاجة إلى مزيد من التحليل؛ لتحديد الزلازل التي تتسبب فيها البشرية في ولاية كاليفورنيا.

Geophys. Res. Lett. **http://doi.org/bb6k (2016)**

ثلاثون يومًا
موجز الأخبار



XINHUA/ALAMY

مهمة حَفْر قاع المحيط تحفر عميقًا

انتهت الحملة الاستكشافية بالمحيط الهندي، التي كانت تهدف إلى حَفْر أعمق حفرة على الإطلاق في قشرة المحيط في السابع والعشرين من يناير الماضي، بعد الوصول إلى عمق 789 مترًا تحت قاع المحيط. كان علماء المشروع يأملون في أن يبلغ عمق الحفرة 1.3 كيلومتر ـ على الأقل ـ باستخدام مركب "جويدز ريزولوشن" JOIDES Resolution، إلا أنهم أعربوا عن سعادتهم بالعمق الذي بلغوه. كما يعتزمون العودة مرة أخرى؛ ومحاولة زيادة عمق الحفرة؛ للوصول إلى الحد الذي يربط بين قشرة الأرض وطبقة الوشاح. الحملة التي بلغت مدتها شهرين تعطلت جزئيًّا، بسبب حاجة أحد أعضاء الفريق إلى إجلاء طبي إلى جزيرة موريشيوس في منتصف عملية الحفر.

أحداث

طوارئ فيروس "زيكا"

أعلنت منظمة الصحة العالمية "WHO" حالة طوارئ صحية عامة عالمية، بسبب ظهور عدة حالات بين المواليد الجدد تعاني عيوبًا خلقية مرتبطة بتفشي فيروس "زيكا" في البرازيل والأمريكتين. وقد تم ربط الفيروس ـ الذي ينتقل عبر البعوض ـ بحالة مرضية، تُعرف بصغر الرأس، حيث تلد الأمهات المصابات بالفيروس أطفالًا برؤوس وأدمغة حجمها صغير بشكل غير طبيعي. يقول الخبراء في المنظمة إن احتمال وجود علاقة بين المرض والفيروس ستضعف كثيرًا في حال عدم تقديم أدلة علمية. ووفقًا لما أعلنته "منظمة الصحة للبلدان الأمريكية"، فإن المرض موجود حاليًّا في 26 دولة ومنطقة في الأمريكتين. تقول منظمة الصحة إن فرض القيود على السفر والتجارة ليس ضروريًّا.

العام الأكثر حرارة

وفقًا للبيانات الصادرة في العشرين من يناير الماضي عن كل من وكالة "ناسا"، والإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي "NOAA"، ومكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة، فإن العام الماضي كان أشد الأعوام المسجَّلة حرارةً. وقد دعمت المنظماتُ الثلاث جميعها بالوثائق ارتفاع درجات الحرارة على نحو غير مسبوق في عام 2015، مما رفع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة بأكثر من درجة مئوية أعلى من مستويات عصر ما قبل الثورة الصناعية. وقد ساعد نظام "إلنينيو" المناخي القوي ـ الذي يتسم بدفء المياه في المحيط الهادئ الاستوائي ـ على رفع درجات حرارة الجو فوق مستوياتها المسجَّلة في عام 2014 بدرجة كبيرة، وهو العام الذي سَجَّل الرقم القياسي السابق. ويشير بعض الباحثين إلى أن تَصاعُد شدة الظاهرة في المحيط الهادئ قد ينتج عنها ارتفاعات أكثر شدة في درجات الحرارة في الأعوام القادمة.

مباحثات دافوس

جاءت القضايا المتعلقة بالصحة والعلوم والبيئة في مقدمة أجندة المنتدى الاقتصادي العالمي "WEF" ـ الذي عُقد في دافوس في سويسرا ـ حيث التقى قادة العالم في الفترة من العشرين حتى الثالث والعشرين من يناير الماضي. وقد بَحَثَ منتدى عام 2016 ـ الذي كان يدور موضوعه حول "الثورة الصناعية الرابعة" ـ احتياج 85 شركة دوائية إلى نماذج تجارية جديدة؛ لتحفيز تطوير المضادات الحيوية؛ لمكافحة العدوى المقاومِة للأدوية. تضمَّنت المناقشات البيئية تقريرًا للمنتدى، يتنبأ بأنْ يفوق وزن المواد البلاستيكية بالمحيطات وزن السَّمَك بحلول عام 2050، كما تضمنت تقريرًا مُحَدَّثًا لمؤشر الحماية البيئية ـ صادر عن جامعة ييل في مدينة نيو هيفن بولاية كونيتيكت ـ يُظْهِر تزايدًا في انخفاض جودة الهواء حول العالم.

عودة الإيبولا

أكَّد مسؤولو الصحة في سيراليون ـ في الخامس عشر من يناير الماضي ـ وفاة سيدة تبلغ من العمر 22 عامًا، إثر إصابتها بالإيبولا. ويأتي هذا الإعلان بعد شهرين من إعلان منظمة الصحة العالمية توقُّف انتشار المرض في سيراليون، وبعد أقل من يوم على إعلان انتهاء عودة مشابهة للفيروس في ليبيريا. وتُجرى تحقيقات حاليًّا؛ لمعرفة مصدر الحالة الأخيرة، ففي حالات إصابات أخرى، وبِتَتَبُّع مصدر العدوى؛ وُجِد أنها كانت لناجين، لا يزالون يحملون الفيروس في السائل المنوي، وسوائل الجسم الأخرى.

أبحاث

تحرير الأَجِنَّة

لأول مرة في العالم، أعطت "هيئة الإخصاب البشري وعلم الأجنة" بالمملكة المتحدة العلماء الإذن بتحرير الجينوم في الأجنة البشرية؛ لأغراض بحثية. ويسمح هذا القرار ـ المعلن في الأول من فبراير الماضي ـ لعالمة الأحياء التطورية كاثي نياكان ـ بمعهد فرانسيس كريك في لندن ـ باستخدام تقنية تحرير الجينوم "كريسبر-كاس9" في الأجنة البشرية الصحيحة. ويخطط فريق نياكان لتغيير الجينات التي تكون نشطة في الأيام القليلة الأولى بعد الإخصاب. وبعد سبعة أيام، سيتم إنهاء التجارب، وتدمير الأجنة.

شخصيات

جائزة الصين العلمية

حصل فريق يقوده عالِم فيزياء الكَمّ جيان وي بان ـ في الثامن من يناير الماضي ـ على جائزة الدرجة الأولى لجوائز الصين الوطنية للعلوم الطبيعية لعام 2015، وهي واحدة من أعلى الجوائز العلمية التقديرية في البلاد. فاز بان وفريقه ـ بالجامعة الصينية للعلوم والتكنولوجيا في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هيفي ـ بالجائزة؛ لعملهم المتميز في التشابك الكَمِّي، والانتقال الآنِيّ الكَمِّي. وللمرة الأولى منذ 11 عامًا، لم يحصل أحد على جائزة الدولة العليا للعلوم والتكنولوجيا، وهي أعلى جائزة علمية بالصين. تم ترشيح العالمة المتخصصة في علم الأدوية، يويو تو، للجائزة، وهي العالمة التي جعلت الصين تفوز لأول مرة بجائزة "نوبل" العلمية في العام الماضي.



PAUL DARROW/NYT/REDUX/EYEVINE

أعمال

طائرة "ناسا"

بدءًا من عام 2019، سوف تتعامل وكالة "ناسا" مع شريك تجاري ثالث؛ لنَقْل البضائع من محطة الفضاء الدولية، وإليها. فقد أعلنت الوكالة الفضائية ـ في الرابع عشر من يناير الماضي ـ أنها سوف تَستخدِم نموذجًا مصغرًا لطائرة فضائية مملوكة لشركة "سيرا نيفادا" ـ الواقعة في سباركس بولاية نيفادا ـ لتنفيذ ست مهمات على الأقل بحلول عام 2024. تستطيع المركبة نقل أحمال مضغوطة، وغير مضغوطة، والهبوط على ممرات مخصصة للهبوط عند العودة إلى الأرض، مما يحسِّن من خيارات وكالة "ناسا" بخصوص إيصال المعدات العلمية القابلة للكسر خارج الأرض، والعودة بها. تَستخدِم وكالة "ناسا" أيضًا مركبة فضائية من إنتاج شركة "أوربيتال إيه تي كيه" الفضائية ـ الواقعة في دولِس بولاية فيرجينيا ـ تحترق عند دخولها مرة أخرى إلى الغلاف الجوي، وأخرى من شركة "سبيس إكس" ـ الواقعة في هاوثورن بولاية كاليفورنيا ـ تقع وتتحطم في المحيط عند عودتها.

سياسات

تذبذب بشأن السَّمك

برغم القرار الذي اتخذته إدارة الغذاء والدواء الأمريكية "FDA" في نوفمبر الماضي بالموافقة على طرح سمك السلمون المعدَّل وراثيًّا للاستهلاك البشري، فإن الأمريكيين لن يتناولوه قريبًا. ففي التاسع والعشرين من يناير الماضي، حظرت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية استيراد السلمون سريع النمو، المنتَج في بنما، وكندا، عن طريق شركة "أكوا باونتي تكنولوجيز" في ماينارد بولاية ماساتشوستس. جاء هذا القرار استجابةً لمشروع قانون مرتبط بالميزانية الأمريكية، تم تمريره في ديسمبر الماضي، ويحظر بيع هذا النوع من السمك، حتى تقرِّر إدارة الغذاء والدواء الأمريكية ما إذا كانت ستفرض وضع بطاقة عليه، توضح أنه معدل وراثيًّا. قد يستغرق الأمر عدة سنوات، حتى تنتهي الوكالة من القانون الخاص بهذا الموضوع.

مشاركة البيانات

اقترحت اللجنة الدولية لمحرِّري الدوريّات الطبية إلزام الباحثين بمشاركة البيانات التي بنوا عليها اكتشافاتهم. ففي افتتاحية نُشرت في عدة دوريّات طبية بارزة في العشرين من يناير الماضي، قالت المجموعة إنه يتوجب على المؤلفين مشاركة بيانات المرضى ـ بدون ذكر أسمائهم ـ مع الباحثين الآخرين، وذلك خلال فترة لا تزيد على ستة أشهر من تاريخ النشر (انظر، على سبيل المثال، D. B. Taichman *Ann. Intern. Med.* http://doi.org/bb4h; 2016). كما قالت اللجنة أيضًا إنه لا بد أن يتم تقديم خطة تَصِف كيفية مشاركة البيانات، كجزء من عملية التسجيل للتجربة الإكلينيكية. ومن ضمن الموقِّعين على الافتتاحية رئيسا تحرير دورية "ذا نيو إنجلاند جورنال أوف ميديسن"، ودورية "ذا جورنال أوف ذا أميريكان ميديكال أسوسييشن".

إيقاف عمليات تنقيب

أوقفت الولايات المتحدة الأمريكية أي عمليات تنقيب جديدة عن الفحم على الأراضي الفيدرالية، وذلك بالتزامن مع بدء إجراء مراجعة كبرى لصناعة الفحم. وقد أعلنت وزيرة الداخلية، سالي جيويل، عن إجراء المراجعة في الخامس عشر من يناير الماضي، وقالت إن المراجعة تناولت ما إذا كان برنامج الفحم الفيدرالي قد أَخَذ في الاعتبار تأثير الصناعة على التغير المناخي، أم لا. ويُعَدّ توليد الطاقة باستخدام الفحم من أشد طرق توليد الكهرباء إنتاجًا للغازات الدفيئة. ويَسري هذا الإيقاف على عقود تعدين الفحم الجديدة، في الوقت الذي تُجرى فيه المراجعة الشاملة، التي تقول عنها جيويل إنها الأولى منذ ثلاثين عامًا.

منشآت

المصادم الخطي

ذكرت منظمة أبحاث مسرعات الطاقة العالية اليابانية "KEK" ـ الواقعة في تسوكوبا ـ أنه يتوجب على اليابان رفع مهاراتها بالتزامن مع استعدادها لإنشاء الجيل الثاني لمحطِّم الجزيئات على مستوى العالم في عشرينات القرن الحالي. تَعْرِض الخطة التنفيذية ـ التي نُشرت في السادس من يناير الماضي ـ الأهداف التي تسعى منظمة الأبحاث إلى تحقيقها خلال المراحل التحضيرية لإنشاء المصادم الخطي الدولي، ومنها هدف مضاعفة أعداد العلماء والمهندسين المحليين المتخصصين في مجال المسرعات إلى ثلاثة أضعاف. كان باحثون يابانيون قد اقترحوا في عام 2012 استضافة المسرِّع، البالغ طوله 31 كيلومترًا، الذي سيعمل على صدم الإلكترونات مع شركائها من المادة المضادة. مع ذلك.. لم تعط أي حكومة حتى الآن وعودًا بتوفير أي تمويل.

تمويل

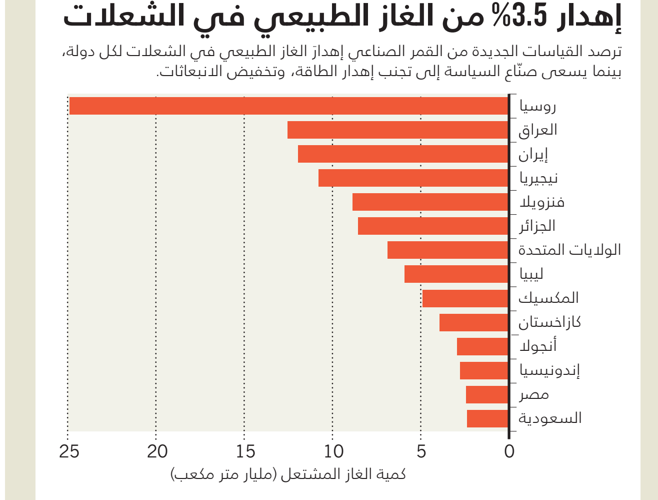
انطلاق سنغافورة

أعلنت الحكومة السنغافورية في الثامن من يناير الماضي عن الزيادة المقررة للإنفاق على العلوم بنسبة قدرها 18%. وفي اجتماعها السنوي، تَبَنَّى "مجلس الأبحاث والإبداع والمشروعات" ـ التابع للدولة ـ خططًا، لاستثمار 19 مليار دولار سنغافوري (13.2 مليار دولار أمريكي) في الفترة بين عامي 2016، و2020، مقارنة باستثمارات بلغت 16 مليار دولار سنغافوري بين عامي 2011، و2015. ستعطي الدولة أولوية التمويل البحثي لأربع مجالات، هي: التصنيع المتقدم، والصحة وعلوم الطب الحيوي، والخدمات والاقتصاد الرقمي، واستدامة المناطق الحضرية.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

مراقبة الاتجاهات

ذكر باحثون بالإدارة الأمريكية الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي أن الدول أحرقت حوالي 143 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي ـ بما يعادل نحو 3.5% من الإنتاج العالمي ـ في الهواء في عام 2012 (C. D. Elvidge *et al*. *Energies* **9**, 14; 2016). أظهرت البيانات التي التقطها قمر صناعي قطبي أثناء دورانه أن روسيا تأتي على رأس قائمة تلك الدول، وفقًا لكميات الغاز. ويُذكر أن الممارسة شائعة في المواقع التي تفتقر إلى الأنابيب والأسواق المتاحة للغاز الطبيعي. ويسعى صنّاع السياسة إلى إيجاد حلول؛ لتجنب هذا الإهدار.



SOURCE: C. D. ELVIDGE *ET AL. ENERGIES* **9**, 14 (2016)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبـــار في دائرة الضـوء

الذكاء الاصطناعي برمجيات التعلم العميق تتفوق على اللاعبين في لعبة لوحية قديمة **ص. 20**

علم الكواكب تشير بصمة قوى الجاذبية إلى جسم ضخم يدور حول الشمس كل 20 ألف سنة **ص. 22**

علم الطب الشرعي مشروع تحديد هُويّاتٍ يَستخدِم تقنيات فحص الحمض النووي الذكية **ص. 24**



البيئة تغيرات في مراعي التبت تهدد حياة البدو الرعاة والموارد الأساسية للمياه في آسيا **ص. 30**



UESLEI MARCELINO/REUTERS

أمهات لأطفال يُشتبَه في إصابتهم بصغر حجم الرأس في انتظار تَلَقِّي الرعاية الطبية في مستشفى ريسيفي في البرازيل.

فيروس زيكا

الشــك يحيــط بالازديــاد المفــاجئ لحــالات صغــر الــرأس عنــد الأطفــال

قد يساعد ازدياد الوعي بفيروس «زيكا» على تفسير ظاهرة الارتفاع المفاجئ للتشوّهات الخلقية عند المواليد.

دكلان باتلر

بينما يتزايد الإنذار بانتشار فيروس زيكا عبر الأمريكتين، يتساءل الباحثون عن حقيقة وجود ارتباط بينه وبين ظاهرة الازدياد المفاجئ لتشوّه صِغَر الرأس والدماغ لدى المواليد الجدد.

دفع ترجيحُ ارتباط فيروس زيكا بصغر حجم الرأس عند المواليد منظمةَ الصحة العالمية في الأول من فبراير الماضي إلى إعلان «حالة طوارئ في الصحة العامة، تثير القلق على المستوى العالمي»، وهي آلية تتيح للمنظمة تنسيق استجابة إنسانية، من ضمن مسائل أخرى.

يرى خورخيه لوبيز-كاميلو، وإيدا ماريا أوريولي ـ من برنامج الدراسات التعاونية للتشوهات الخلقية في أمريكا اللاتينية «ECLAMC» ـ أنّ ازدياد عدد حالات صغر حجم الرأس عند المواليد المُبَلَّغ عنها قد يُعزى ـ إلى حدٍّ كبير ـ إلى البحث المكثّف عن حالات التشوه الخلقي عند الولادة، والخطأ في التشخيص، الناجمين عن ازدياد الوعي في خضم الاشتباه في وجود ارتباط محتمل لهذه التشوهات الخلقية بفيروس زيكا.

تأثير «الوعي» معروف جيدًا ومحتَّم، كما يريان، وقد يفضي ذلك إلى الكشف عن حالات عادةً لا تُلاحَظ في الأوضاع الطبيعية. ومن المرجَّح أن يكون من ضمن الحالات المُبَلَّغ عنها لصغر حجم الرأس، نسبة كبيرة من الأخطاء التشخيصية، إذ إنّ المواصفات التشخيصية المستخدمة في هذا الصدد واسعة. عرض لوبيز-كاميلو، وأوريولي تحليليهما على موقع برنامج ECLAMC باللغة البرتغالية، وبعد استفسار دورية *Nature*، قَدَّمَا نسخة لملخص الدراسة، مترجمة إلى الإنجليزية (انظر: go.nature.com/v77ntu).

وقد ذكر الباحثان في تحليلاتهما أنّه من المستحيل قياس الحجم الحقيقي لانتشار ظاهرة صغر حجم الرأس عند المواليد، بناءً على المعطيات الوبائية المتاحة، كما أنه من المستحيل إثبات ما إذا كانت هناك أي علاقة بينه وبين فيروس «زيكا».

ويقول كل من لوبيز-كاميلو، وأوريولي إنه لا بد من ◄

◄ توفر دراسات ذات منظور واسع؛ ليتسنَّى رصد النساء الحوامل في المناطق التي ينتشر فيها فيروس زيكا؛ لمعرفة أعداد الأطفال الذين يصابون بصغر حجم الرأس. وتخطط عدة مجموعات داخل البرازيل وخارجها لإجراء مثل هذه الدراسات، والبعض قد شرع فيها بالفعل.

وشدَّد المختصون الذين تواصلت معهم دورية *Nature* على أهميّة أن تبقى النساء على حذر، وحماية أنفسهن من لسعات البعوض، حتى يتضح المزيد عن هذه المسألة. ويوافق هؤلاء المختصون مع ما أشار إليه فريق برنامج ECLAMC بأنّ عدد حالات صغر الرأس المبلَّغ عنها حتى الآن هو عدد مضخَّم، لكنّ بعضهم لا يتّفق مع الفريق ذاته بشأن الاستنتاج الإضافي الذي خلصوا إليه، والذي مفاده أنّ ازدياد عدد الحالات المبلَّغ عنها على الأرجح هو ازدياد مُصْطنَع.

يصف توماس جانيش ـ المتخصص في الطب المداري في مستشفى جامعة هايدلبرج في ألمانيا ـ ارتفاع تأثير ازدياد الوعي على أنَّه وضع «جامح»، ويقول إنّه: «قد نَتُجَ عنه حالة من الريبة والحيرة في وسائل الإعلام، وجَدَل عام في البرازيل». وفي 27 من يناير الماضي، صرّحت الحكومة البرازيلية عن تسجيل 4,180 حالة منذ أكتوبر الماضي، جرى تأكيد 270 حالة منها، ونَفْي 462 أخرى على أنّها تشخيص خاطئ.

وصل فيروس زيكا ـ الذي كان انتشاره مقتصرًا على آسيا وأفريقيا ـ إلى الأمريكتين في عام 2015، حيث يتفشى حاليًّا إلى حد غير مسبوق في البرازيل، وينتشر في عدد من الدول (انظر: «زيكا في الأمريكتين»). ولا تظهر أعراض لدى معظم الأشخاص الذين يصابون بالفيروس، بعد أن تلسعهم بعوضة، بينما قد تظهر لدى باقي الأشخاص أعراض، مثل الحمى، والطفح الجلدي، والصداع.

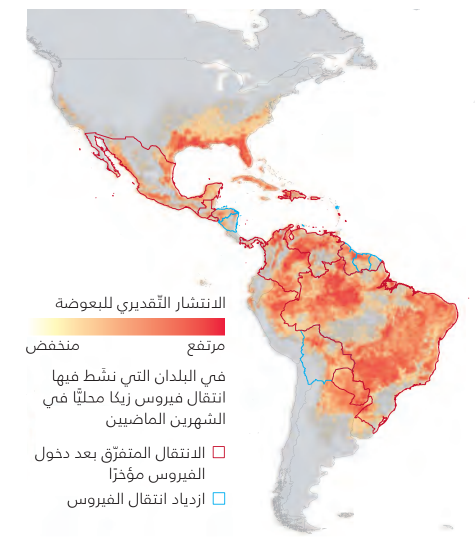
وفي أكتوبر الماضي، أبلغت وزارة الصحة في البرازيل عن ازدياد غير مسبوق في حالات صغر حجم الرأس عند المواليد شمال شرق ولاية برنامبوكو، حيث كانت أمهات الأطفال المتأثرين في مرحلة مبكرة من حملهن في الوقت نفسه الذي انتشر فيه فيروس زيكا. وبالتالي، أطلقت الوزارة الإنذار، لوجود علاقة مرجَّحة بين صغر حجم الرأس، وفيروس زيكا. وقد دفع ذلك منظمة الصحة العالمية في مكتبها الإقليمي «منظمة الصحة للبلدان الأمريكية» إلى إصدار تنبيه وبائي في 17 نوفمبر الماضي، دعت فيه الدول الأعضاء لرصد أي ازدياد مشابه لصغر حجم الرأس في شعوبها.

وللتحقيق والبحث في هذه المسألة، لجأ الباحثون في برنامج ECLAMC إلى قواعد البيانات الخاصة بهم، التي تعود إلى عام 1967، وكذلك إلى منظومة معلومات الولادات الحية في كل بلد «SINASC».

ووفق ما توصّلوا إليه في برنامج ECLAMC، فإن معدل

زيكا في الأمريكتين

بعد وصول فيروس زيكا إلى الأمريكتين في عام 2015، بات ينشط في الانتقال إلى الكثير من الدول التي تأوي الحامل الرئيس للفيروس، وهو بعوضة *Aedes aegypti*



SOURCE: ECDC (ZIKA-TRANSMISSION DATA); M. U. G. KRAEMER *ET AL. ELIFE* **4**, E08347; 2015 (MOSQUITO RANGE)

الانتشار التاريخي لصغر حجم الرأس عند المواليد في البرازيل يبلغ حالتين لكل 10.000 ولادة، على الرغم من أنّ المعدّل شمال البلاد أعلى من ذلك. وعندما حسب الباحثون العدد الأقصى للحالات المتوقعة في ولاية برنامباكو الشمالية في عام 2015، كانت نتيجة حساباتهم أنه من المتوقع العثور على حوالي 45 حالة، إلّا أنّ برنامباكو صرّحت عن 26 ضِعْفًا لهذا العدد في العالم الماضي. وحتى لو كان فيروس زيكا يسبب صغر حجم الرأس عند المواليد، فهذه الأرقام مرتفعة جدًّا، حسبما أدلى به التقرير.

ازدياد جهود المراقبة

على نحوٍ مماثل لازدياد التشخيص من جرّاء زيادة الوعي، يسلط لويز-كاميلو الضوء أيضًا على أنّ المواصفات التشخيصية لصغر حجم الرأس عند المواليد ليست محددة، بل فضفاضة، إذ تشتبه السلطات البرازيلية في جميع الحالات التي يكون فيها الانحراف القياسي لمحيط رأس الجنين دون المعدل بأكثر من وحدتين اثنتين، وبالمواليد الذين يولدون بمحيط رأس أقل من 31 سنتيمترًا على أنّها حالات صغر في حجم الرأس، إلّا أنّ هذه المواصفات لا بد أن تضم الكثير من الأطفال المعافين ضمن نطاق النمو الطبيعي ممن هي ليست حالات صغر لحجم الرأس. كما أنّ محيط الرأس ما هو إلا مقياس للدلالة، إذ يشير كل من لوبيز-كاميلو، وأوريولي إلى أنه لتأكيد الإصابة بصغر حجم الرأس، لا بدّ من تشخيص وجود حجم صغير للدماغ، وتباطؤ معدل نموه.

وقد نشر «المعهد الأوروبي لمكافحة الأمراض والوقاية منها» ECDC في 21 يناير الماضي تقديرًا للمخاطر، حَوَى أيضًا إشارة إلى اتّساع مواصفات التشخيص، جاء فيه: «من المتوقّع أن يُعاد تصنيف الكثير من الحالات المُشتبَه فيها واستبعادها».

وترى هلين دولك ـ المتخصصة في علم الوبائيات من جامعة أولستر، بالقرب من بلفاست بالمملكة المتحدة ـ أنّه مبدئيًّا، من المحتمل أن يكون استنتاج برنامج ECLAMC بأنّ التصاعد الظاهر قد يكون مُصطنعًا هو استنتاج ممكن، لكن دولك ـ التي تعمل أيضًا في رصد التشوّهات الخلقية ـ تُشَدِّد على أنّه من غير الممكن تأكيد الأمر إلى حين توفّر المزيد من المعطيات، وبأنّها تتحفّظ على إطلاق أي حُكْم على نسبة الازدياد الظاهرة في صغر حجم الرأس عند المواليد، التي بالإمكان إسنادها إلى العوامل المُحدِثة للالتباس.

الشاغل الحقيقي

على النقيض من ذلك.. ترى لافينيا شولر-فاتشيني ـ باحثة في الجامعة الوطنية في ريو-جراندي دو سول، ورئيسة الجمعية البرازيلية للوراثة الطبية ـ أنّها متيقّنة من أنّ هناك ازديادًا كبيرًا في عدد حالات صغر حجم الرأس عند المواليد. وتشير إلى أنّ الأطباء بدأوا في الإبلاغ عن الارتفاع، قبل تنامي اهتمام السلطات الصحية، وأنّ وسائل الإعلام بدأت في نشر التقارير عن الارتفاع المفاجئ في نهاية نوفمبر الماضي. وقالت: «من منطلق انطباعي الشخصي، هناك ازدياد في عدد حالات صغر حجم الرأس عند المواليد في البرازيل»، ولكنّها ترى أنّ هذا الازدياد ليس بالضخامة التي تبيّنها تقارير وزارة الصحة بالنسبة إلى عدد الحالات المشتبه فيها. وتضيف قائلةً: «جُلّ جهودنا الآن موجَّهة نحو إثبات أن هذه الزيادة حقيقية».

إن إثبات ما إذا كانت هناك علاقة بين صغر حجم الرأس عند المواليد وفيروس زيكا مهم جدًّا، لأنّ سكان الأمريكتين يفتقرون إلى المناعة ضد هذا الفيروس. وارتباط ذلك بالانتشار الواسع للبعوضة (*Aedes aegypti*) التي تنقل فيروس زيكا في الأمريكتين يعني أنّ الكثير من الأشخاص سيُصابون مستقبلًا، بما فيهم النساء الحوامل.

وفي البرازيل، جرى العثور على فيروس زيكا في السائل السلوي، وفي الأنسجة المشيمية أو الجنينية في عديد من حالات تشوُّهات الجهاز العصبي، بما في ذلك صغر حجم الرأس عند المواليد. وجاء في تصريح لمنظمة الصحة العالمية في الأول من فبراير الماضي: «هناك اشتباه قوي في وجود علاقة سببية بين العدوى بفيروس زيكا خلال الحمل، وصغر حجم الرأس عند المواليد، إلّا أنّ هذه العلاقة لم تُثبَت علميًّا بعد». ■

الذكاء الاصطناعي

«جوجل» تتفوق في لعبة «جـو»

برمجيات التعلم العميق تتفوق على اللاعبين في لعبة لَوْحِيَّة قديمة.

إليزابيث جيبني

للمرة الأولى، هزم جهازُ حاسوب أحدَ اللاعبين المحترفين في لعبة «جو» Go، وهي لعبة لَوْحِيَّة قديمة، كان يُنظر إليها باعتبارها واحدةً من أكبر التحديات التي تواجه الذكاء الاصطناعي.

لطالما تفوق الحاسوب على أمهر لاعبي الشطرنج، والداما، والطاولة، بيد أنه كانت ثمة حاجة إلى إضافات كبيرة؛ حتى يربح الحاسوب في لعبة «جو»، وهو ما تَحَقَّق حاليًّا، وفق زعم شركة «ديب مايند» DeepMind. فقد هزم برنامجُ «ألفا جو» AlphaGo ـ الذي صممته شركة «ديب مايند» ـ اللاعبَ فان هو، بطل أوروبا في لعبة «جو» في الخمس دورات الكاملة اللازمة للحصول على البطولة، حسبما كشفت الشركة في بحث نُشر في دورية *Nature* في 27 يناير الماضي[1]. كما هزم البرنامج أيضًا منافسيه من البرامج الأخرى، بحيث فاز في 99.8% من الأدوار التي لعبها ضد أفضل البرامج الحالية، ولكن ما زال أمام البرنامج أن يخوض لعبة «جو» على مستوى بطولة عالمية ـ وذلك بعد انتهاء مباراة مارس الماضي ـ ضد اللاعب المحترف لي سيدول من كوريا الجنوبية، الذي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



أحبطت لعبة «جو» المعقدة الشائعة في آسيا جهود باحثي الذكاء الاصطناعي لعقود.

يعتبره الكثيرون من أقوى اللاعبين على مستوى العالم. ويقول ديميس هاسبيس، المؤسس المشارك لشركة «ديب مايند»: «تملأنا الثقة في إمكانيّاتنا».

ويقول ريمي كولوم، المبرمج في ليل، فرنسا، الذي صمَّم نسخة تجارية من لعبة «جو» تُسمى «كريزي ستون» Crazy Stone: «إن هذه حقًّا نتيجة هائلة»، وهو مَن كان يعتقد أن لحظة تمكُّن برنامج حاسوبي من التفوق في تلك اللعبة لن تتحقق قبل مرور عقد من الزمان.

كان حاسوب «ديب بلو» للشطرنج ـ الذي طوَّرته شركة «آي بي إم» IBM، والذي تفوق على البطل جاري كاسباروف في الهزيمة الشهيرة التي وقعت في عام 1997 ـ مبرمَجًا بغرض الفوز في لعبة الشطرنج تحديدًا، بيد أن برنامج «ألفا جو» لم يكن مبرمَجًا من الأصل ليتغلب في لعبة «جو»، ولكنه تعلَّم استخدام خوارزمية عامة؛ سمحت له بتفسير أنماط اللعبة، في طريقة مشابهة للكيفية التي تعلَّم بها برنامج «ديب مايند» أن يلعب 49 نمطًا مختلفًا من لعبة أركيد Arcade[2].

يعني هذا أنه يمكن استخدام أساليب مشابهة على نطاقات الذكاء الاصطناعي الأخرى، تتطلب التعرف على أنماط معقدة، والتخطيط طويل الأمد، واتخاذ القرار، على حد قول ديميس هاسبيس، الذي يضيف: «كثير مما نحاول إنجازه في هذا العالم ينتمي إلى هذه الفئة من الخوارزميات». ومن أمثلة ذلك.. استخدام الصور الطبية؛ لوضع خطط التشخيص والعلاج، وتحسين نماذج تغير المناخ.

في الصين واليابان وكوريا الجنوبية، تحظى لعبة «جو» بشعبية كبيرة، ويلعبها لاعبون محترفون، بيد أنها لطالما حظيت باهتمام باحثي الذكاء الاصطناعي، بسبب تعقيدها. وتتسم القواعد ببساطة نسبية.. فالهدف من اللعبة هو الاستحواذ على معظم مساحة اللوح، من خلال وضع واحتجاز أحجار سوداء وبيضاء على شبكة تبلغ مساحتها 19×19، لكن اللعبة التي تحتوي على ما يبلغ متوسطه 150 حركة، لها مدى واسع من الاحتمالات، يبلغ 10^{170} أكثر من عدد الذرّات في الكون، بحيث لا يمكن حلها باستخدام خوارزميات تبحث عن أفضل تحرُّك.

ألعاب لا تعتمد على الحظ

تتسم لعبة «جو» بتعقيد أكبر مما في لعبة الشطرنج، لكن هذا لا يمنع حقيقةً أن لعبة الشطرنج لها الكثير من الإعدادات المحتملة، التي يمكن فك شفرتها باستخدام تقنية «القوة الغاشمة» brute force فقط. أما في حالة وجود لاعب حاسوبي، يقلل البرنامج من محاولاته؛ لحل اللعبة، لكن ينظر إلى عدة تحركات مستقبلية، ويتكهن باللاعب الذي ستكون له اليد العليا، لكن في لعبة «جو»، يُعَدّ إدراك مواقف الربح والخسارة بالغ الصعوبة، فالأحجار لها قِيَم مساوية، ويمكن أن تكون لها آثار ضمنية تظهر في جميع أنحاء اللوح.

ولتفسير لوحات «جو»، وتعلُّم أفضل التحركات الممكنة، استخدم برنامج «ألفا جو» تقنية التعلم العميق في الشبكات العصبية، وهي تقنية مستلهمة من طريقة عمل المخ، حيث تقوى الروابط بين طبقات الخلايا العصبية المحفزة عبر التجارب. وقد درس البرنامج في بادئ الأمر 30 مليون وضع من ألعاب المحترفين، بما يسمح باكتشاف معلومات حول حالة اللعب من بيانات اللوحة، كما هو الحال في تعرُّف برامج أخرى على الصور من البكسلات (انظر: *Nature* **505**, 146-148; 2014). وبعد ذلك.. لعب البرنامج ضد نفسه عبر 50 حاسوبًا، بصورة شهدت تحسُّنًا مع التكرار، وهو ما يُعرف باسم التعلُّم بالتعزيز.

«يُجْهِز التعلُّم العميق على جميع مشكلات الذكاء الاصطناعي».

وقد كان البرنامج ينافس بقية برامج «جو» التجارية، التي تختار أفضل التحركات، عن طريق فحص عينة من برامج المحاكاة المستقبلية. بعد ذلك.. دمَج برنامج «ديب مايند» بين القدرة على اختيار التحركات وتجميعها، وتفسير لوحات «جو» بما يعطي برنامج «ألفا جو» فكرة أفضل حول الاستراتيجيات التي يُحتمل أن تكون ناجحة. ويُعَدّ هذا الأسلوب «مدهشًا»، كما يقول جوناثان شيفر، عالِم الحاسوب في جامعة ألبرتا في إدمونتون، كندا، الذي حلّ به برنامج «تشينوك»[3] لعبة الداما في عام 2007. وبدلاً من اتباع الاتجاه السائد خلال الثلاثين عامًا الأخيرة من محاولة حل الألعاب باستخدام قدرة الحوسبة، تحوَّل برنامج «ديب مايند» إلى تقليد المعرفة الشبيهة بمعرفة البشر، وإنْ كان عبر التدريب، بدلاً من أن تتم برمجته، على حد قول جوناثان. ويُظْهِر الجانب الفذ هنا أيضًا قدرة التعلم العميق، الذي ينتقل من نجاح إلى آخر، كما يقول كولوم: «يُجْهِز التعلُّم العميق على جميع مشكلات الذكاء الاصطناعي».

يلعب برنامج «ألفا جو» بطريقة بشرية، على حد وصف فان: «إنْ لم يخبرني أحد أنه برنامج حاسوبي، لظننتُ أن اللاعب غريب الأطوار قليلًا، ولكنه شخص شديد المهارة». ويبدو أن البرنامج قد طوَّر أسلوبًا متحفظًا «بدلاً من أسلوب الهجوم»، حسبما يضيف توبيماننج، أحد محترفي لعبة «جو»، الذي قام بدور حَكَم المباراة.

كما تعمل شركة «فيسبوك» ـ المنافِسة لشركة «جوجل» ـ على تطوير برامج تَستخدم أسلوب التعلم الآلي لممارسة لعبة «جو»، بيد أن برنامجها الذي يُسمى بـ«دارك فورست» darkforest لا يزال متخلفًا عن أحدث تقنيات لعبة «جو» التجارية، حسبما ورد في طبعة أوليّة من ورقة بحثية نُشرت في نوفمبر الماضي[4].

يقول هاسبيس إنه لا تزال هناك تحديات عديدة تعترض هدف شركة «ديب مايند»، المتمثل في تطوير نظام ذكاء اصطناعي معمَّم. وتحديدًا، لا يمكن لبرامجها أن تنقل بصورة مفيدة ما تعلمته حول نظام واحد ـ مثل «جو» ـ إلى مهام أخرى؛ وهو العمل الذي يؤديه البشر بسلاسة. ويقول هاسبيس: «ليس لدينا أي فكرة عن كيفية القيام بذلك. فلم نتوصل إليه بعد».

سيكون لاعبو «جو» شغوفين تجاه استخدام برامج الحاسب؛ لتحسين لعبتهم، كما يقولماننج، على الرغم من أن هاسبيس يقول إن «ديب مايند» ما زالت تفكر فيما إذا كانت ستطرح نسخة تجارية، أم لا.

ويضيف ماننج قائلًا إن برنامج «ألفا جو» لم يقتل بهجة اللعبة. كما يقول إنه سيصير لِزامًا تغيير الشعارات التي تتفاخر بأن «جو» لعبة لا يمكن للحاسوب أن يربحها، ويضيف: «لن يثنيني أن برنامج حاسوبي قد تطور إلى الحدّ الذي لم أكن أحلم به عن ممارسة اللعبة». ■

1. Silver, D. *et al. Nature* **529,** 484–489 (2016).
2. Mnih, V. *et al. Nature* **518,** 529–533 (2015).
3. Schaeffer, J. *et al. Science* **317,** 1518–1522 (2007).
4. Tian, Y. & Zhu, Y. Preprint at arXiv http://arxiv.org/pdf/1511.06410.pdf (2015).

علم الكواكب

كوكـب غيـر مـرئي، ربمـا يتـوارى قـرب حـافة المنظـومـة الشمسـية

تشير بصمة قوى الجاذبية إلى جسم ضخم يدور حول الشمس كل 20 ألف سنة.

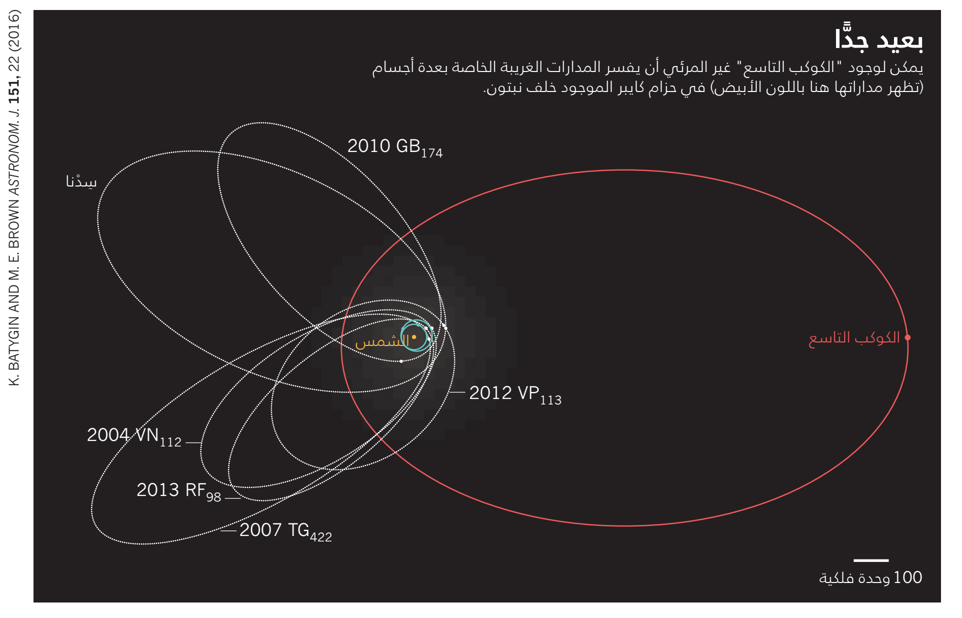
ألكسندرا ويتز

بعد مرور قرن على تكهُّن مؤسس المرصد بِرسيفال لوويل بأن ثمة كوكبًا «كوكب إكس» يتوارى على أطراف المنظومة الشمسية، يقول الفلكيون إنهم يمتلكون الآن الدليل الأكثر وضوحًا على وجوده؛ ويسمونه «الكوكب التاسع».

تشير الحسابات المدارية إلى أن كتلة هذا الكوكب ـ إنْ وُجِد ـ تبلغ نحو عشر مرات كتلة الأرض، وأنه يدور في مسار بيضاوي حول الشمس مرة كل 10,000-20,000 سنة، كما أنه لن يقترب أكثر من حوالي 200 ضعف المسافة بين الأرض والشمس، أو 200 وحدة فلكية؛ ما يضعه في مكان أبعد من كوكب «بلوتو» في منطقة الأجسام الجليدية، التي تُعرف باسم «حزام كايبر».

لم يرَ أحد الكوكب التاسع، إلا أن الباحثين قد استدلوا على وجوده من الطريقة التي تتحرك بها «أجسام حزام كايبر» KBOs، لكنْ في ضوء تاريخ التكهنات بالكواكب البعيدة (انظر: «البحث عن كوكب إكس»)، قد ينتهي الأمر بالكوكب الجديد إلى سلة مهملات الأفكار الجيدة التي ذهبت سُدى.

يقول مايك براون، عالِم الفلك بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا، وأحد أعضاء فريق البحث: «لو أنني قرأتُ هذا البحث دون خلفية عن الأمر، لكان انطباعي الأول أنه محض جنون.. لكن بالنظر إلى الدلائل والإحصائيات، ستصل إلى الاستنتاج نفسه، لا غيره، أن الكوكب موجود فعلًا». وقد استعرض براون بالتعاون مع زميله كونستانتين باتيجين الكوكب التاسع، من خلال بحث نُشر في 20 يناير الماضي في دورية «أسترونوميكال جورنال» *Astronomical Journal* (K. Batygin and M. E. Brown *Astronom. J.* **151**, 22; 2016).



K. BATYGIN AND M. E. BROWN *ASTRONOM. J.* **151**, 22 (2016)

يقول أليساندرو موربيديلي، المختص بحركيات المدارات بجامعة كوت دازور في مدينة نيس بفرنسا، والذي راجع الورقة البحثية بالتفصيل، أنه «مقتنع تمامًا» بأن الكوكب موجود. لكن هناك آخرين ليسوا واثقين من ذلك بنفس القدر. فمثلًا، يقول هال ليفيسون، المختص بعلم الكواكب في معهد ساوث ويست للأبحاث في بولدر بكولورادو: «لقد رأيت الكثير والكثير من الادعاءات المماثلة خلال مسيرتي المهنية.. وجميعها كانت خاطئة».

إن الادعاءات الحالية بوجود الكوكب التاسع تعيد إلى الذاكرة ما حدث في القرن التاسع عشر، حين تنبأ الفلكيون بوجود كوكب نبتون واكتشفوه، عن طريق دراسة اضطرابات صغيرة كانت تحدث في مدار كوكب أورانوس. صرحوا حينها أنه لابد لجاذبية جسم غير مرئي أن تكون هي العاملة على جذب أورانوس، وكانوا على صواب. «نحن نأمل بشكل ما أن نُعيد إحياء جزء من هذا التاريخ»، هكذا صرح باتيجين.

البحث عن كوكب إكس

تكهَّن علماء الفلك طويلًا بوجود كواكب كبيرة إضافية في المنظومة الشمسية الخارجية، إلا أنه لم يؤكَّد أي منها حتى الآن.

1846 يكتشف يوهان جوتفريد جاله كوكب نبتون، متبعًا تنبؤات مبنيّة على اضطرابات في مدار أورانوس.

1905 يبدأ برسيفال لوويل (المصور هنا) في البحث عن «الكوكب إكس»، الذي تنبأ بوجوده خلف نبتون، تمامًا كما يقع نبتون بعد أورانوس. قادت حساباته علماء الفلك في مرصد لوويل المسمى باسمه إلى العثور على كوكب بلوتو في عام 1930، إلا أن الجسم لم يكن بضخامة «الكوكب إكس» المتوقع.

1984 على أساس الانقراض الدوري في سجل الأحافير، اقترح العلماء أن نجمًا قزمًا، سُمِّي فيما بعد «نمسيس» Nemesis، يمر عبر المنظومة الشمسية كل 26 مليون سنة، ويقذف مذَنّبات في مسار يجعلها تصطدم بالأرض.



EVERETT COLLECTION HISTORICAL/ALAMY

1999 قادت اضطرابات مدارات المذَنّبات علماء الفلك إلى اقتراح أن قزمًا بُنِّيًّا ـ أكبر من الكوكب، وأصغر من النجم ـ موجود في المنظومة الشمسية الخارجية. وقد سُمِّي «تايتشي» Tyche، الأخت الطيبة لنمسيس.

2014 بحث بواسطة القمر الصناعي «مستكشف المسح واسع المجال بالأشعة تحت الحمراء» Wide-Field Infrared Survey Explorer يستبعد وجود كل من نمسيس، وتايتشي، لكن اكتشاف جسم في حزام كايبر البعيد حثَّ شادويك تروجيلو، وسكوت شيبارد على الإشارة إلى احتمال وجود كوكب كبير في ذاك الحزام.

2016 تعزِّز حسابات مدارية أجراها كونستانتين باتيجين، ومايك براون مفهومَ هذا الكوكب غير المرئي، الذي أسمياه «الكوكب التاسع».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بدأت حكاية الكوكب التاسع في عام 2014، حين أعلن اثنان من علماء الفلك عثورهما على جسم في حزام كايبر، يُسمى «2012 VP_{113}»؛ لم يقترب مداره الممتد أبدًا من الشمس بأكثر من 80 وحدة فلكية (C. A. Trujillo and S. Sheppard *Nature* **507**, 471–474; 2014)، حيث يبلغ أبعد موقع لكوكب بلوتو عن الشمس 48 وحدة فلكية. وقد انضم هذا الجسم إلى الكوكب القزم «سِدْنا» Sedna، ليكون الجسم الثاني الوحيد المعروف ذا المدار البعيد جدًّا. وقد صرح شادويك تروبلو ـ من مرصد جيميني في هيلو بهاواي ـ وسكوت شيبارد ـ من معهد كارنيجي للعلوم بواشنطن العاصمة ـ في تقرير لهما أن مداري هذين الجسمين أوحيا بأنه يمكن لجسم آخر أيضًا - وهو كوكب أكبر من الأرض - أن يكون موجودًا على مسافة تبلغ 250 وحدة فلكية (انظر: «بعيدًا جدًّا»). وقد قَبِل باتيجين وبراون التحدي. يقول براون: «كان هدفنا الرئيس في تلك اللحظة أن نبيِّن أن تلك الفكرة محض جنون».

لاحظ تروبلو وشيبارد أن كوكب سِدنا، وVP_{113}، وعِدَّة أجسام أخرى ضمن حزام كايبر تشترك جميعها في صفة غريبة، هي أن أقرب نقطة تكون فيها من الشمس تقع في مسطح المنظومة الشمسية. ولعبور هذا المسطح، تحركت جميعها من الجنوب في اتجاه الشمال.

ومن ثم، أجرى باتيجين وبراون مزيدًا من التحاليل للمدارات، واكتشفا أن محاورها الطويلة كانت مصطفّة بجانب بعضها أيضًا، كما لو أن شيئًا ما كان قد دفعها لتَشْغل المساحة نفسها من الفضاء حول الشمس. وهنا، استنتج الفريق أن جسمًا ذا كتلة ضخمة يجب أن يكون هو الراعي المحرِّك لتلك الأجسام. وبالفعل، يقول باتيجين: «وجدنا بصمة قوى جاذبية تخص كوكب عملاق في المنظومة الشمسية الخارجية».

هذا الكوكب التاسع، واسمه غير الرسمي «فاتي» (Phattie)، هو أصغر من نبتون غالبًا، وهو جليدي، وله طبقة خارجية غازية. وحسب قول باتيجين، يمكن لتأثير قوى الجاذبية الخاصة بأورانوس ونبتون أن يكون قد دفعه نحو الخارج في الثلاثة ملايين عام الأولى من وجود المنظومة الشمسية.

في الواقع، قد تصعب رؤية هذا الكوكب بالتليسكوب، إذ إنه يقضي معظم وقته بعيدًا جدًّا عن الشمس، ما يجعله خافتًا وصعب الرؤية، حسب قول ميج شوامب، عالمة الفلك في المركز البحثي «أكاديميا سينيكا» Academia Sinica في تايبيه. ولم تُسْفِر محاولات براون وباتيجين في البحث عنه باستخدام تليسكوب سوبارو في هاواي عن أي شيء حتى الآن، إلا أنه حسب قول براون، قد يكون تليسكوب المسح الشامل الكبير «Large Synoptic Survey Telescope» ـ الذي سوف يبدأ عمله مع بدايات العقد القادم في شيلي ـ أوفر حظًّا في التقاط الكوكب.

على جانب آخر.. يرى براون وباتيجين أن ثمة طرقًا أخرى لاختبار وجود الكوكب.. فتأثير قوى جاذبيته ستُنتِج كذلك حشدًا من أجسام حزام كايبر بمدارات تميل بزوايا حادة. وقد التُقطت بضعة منها فعلًا، إلا أن اكتشاف المزيد يمكن أن يقوِّي الإحصائيات، ويساعد في إيضاح ما إذا كان الكوكب موجودًا فعلًا، أم لا، حسب قول ديفيد نيسفورني، المتخصص في علم الكواكب في معهد ساوث ويست للأبحاث. وبذلك.. نعود إلى التليسكوبات.. فحسب قول تروبلو: «يشير ذلك حقًّا إلى حقيقة أنه يجب العثور على أجسام من حزام كايبر، تكون أكثر تطرفًا.. فالموقع ليس محددًا بما يكفي لأنْ تُوَجِّه التليسكوب نحوه، وتقول: «ها هو ذا..». ■

JOEL ANGEL JUÁREZ/AP



تسببت ظاهرة إل نينيو في هطْل أمطار غزيرة على كاليفورنيا هذا العام.

علم المناخ

خبراء الأرصاد الجوية يستكشفون وحش «إل نينيو»

هناك حملة استكشافية غير مسبوقة على المحيط الهادئ، تهدف إلى تحسين وسائل التنبؤ بالعواصف العاتية.

ريتشارد موناستيرسكي

شَرَع علماء المناخ يناير الماضي في مهمة بحثية لدراسة ظاهرة «إل نينيو»، مثير المتاعب المناخية، والمتسبِّب في اضطرابات المناخ في مساحات شاسعة من الكرة الأرضية. وعلى مدار الشهرين القادمين، سوف يستخدم باحثون أمريكيون طائرات، وسفينة أبحاث، ومئات من مناطيد الأرصاد؛ لمراقبة الإقليم الواقع في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادئ، حيث يتشكل «إل نينيو». في نهاية المطاف، يقول العلماء إن قياساتهم قد تساعد على تحسين تنبؤات الطقس، وقد تكشف أسرارًا عن كيفية تطوُّر أحداث إل نينيو القوية.

يقول لراندال دول، العالِم البارز في المشروع، وخبير الأرصاد الجوية بإدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية «NOAA» في بولدر بولاية كولورادو: «إننا نشهد حالة من المناخ المتطرف.. حالةً نعرف أنها تميل إلى إنتاج ظروف مناخية قاسية في جميع أنحاء العالم. ونحن في طريقنا إلى اكتشاف جوهرها».

إن ارتفاع درجة حرارة الناتج عن ظاهرة «إل نينيو»، الذي انتشر في المحيط الهادئ الاستوائي، يُعتبر واحدًا من أقوى الارتفاعات المسجَّلة مع وصول درجات حرارة المحيط إلى أكثر من ثلاث درجات مئوية فوق المعدل الطبيعي عبر الأجزاء الوسطى والشرقية من حوض المحيط. تحفِّز هذه الحرارة تيارات الحمل الحراري في الغلاف الجوي، التي بدورها تعدِّل مسار التيارات الهوائية الرئيسة، وفي كثير من الأحيان تقوم بإرسال العواصف العاتية نحو كاليفورنيا، بينما تؤدي إلى جفاف أجزاء من جنوب شرق آسيا، وأستراليا، وشرق أمريكا الجنوبية، لكن الباحثين لا يمتلكون سوى القليل من البيانات عن التغيرات في الغلاف الجوي في قلب المنطقة الواقعة تحت تأثير إل نينيو، لأن منطقة المحيط الهادئ الاستوائية البعيدة هي بمثابة الثقب الأسود للأرصاد الجوية.

ولبدء الحملة البحثية الاستكشافية، أرسلت إدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية طائرة أبحاثها «جولف ستريم-5» إلى هاواي، كقاعدة انطلاق لحوالي 20 رحلة جنوبًا باتجاه خط الاستواء. وباستخدام جهاز استشعار عن بُعد، ومجموعات من الأجهزة المحمولة على متن الطائرة، سوف يقيس الفريق البحثي سرعة ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الرياح، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي، والرطوبة من على ارتفاع يتراوح بين 12 و14 كيلومترًا، وصولًا إلى سطح المحيط (انظر: «تعقب الوحش»).

كما انضمت طائرة «جلوبال هوك» -بدون طيار- تابعة لوكالة «ناسا» في فبراير الماضي إلى الحملة؛ لتطوف فوق الجزء الشرقي من المحيط الهادئ في أربع رحلات، تستغرق كل منها 24 ساعة. وفي الوقت نفسه، سوف تُطْلِق إدارة المحيطات والغلاف الجوي القومية الأمريكية حزمة من الأجهزة على متن مناطيد الأرصاد من كيريتيماتي، أو جزيرة عيد الميلاد، وهي جزيرة مرجانية قرب خط الاستواء في قلب الإقليم الذي تتكون فيه ظاهرة «إل نينيو». وسوف يُطْلِق الباحثون أيضًا أجهزة يحملها منطاد من سفينة أبحاث «رونالد إتش براون»، وذلك أثناء قيامها برحلة بحرية مُعَدَّة سلفًا في وسط المحيط الهادئ.

اغتنام الفرصة

جاءت فكرة الحملة التي تكلفت تحديدًا 3 ملايين دولار بسبب زيادة معدل الاحتباس الحراري في العام الماضي. وقد لاحظ دول وزملاؤه أن لديهم فرصة نادرة لتجميع أول قياسات مفصَّلة للغلاف الجوي لوحش «إل نينيو». وقد بذلت إدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية قصارى جهدها لتبدأ الحملة في غضون بضعة أشهر، بدلًا من مدة السنتين أو الثلاث سنوات المعتادة، المستغرَقة لبدء مشروع مناخي ميداني كبير.

«إذا حققنا أهداف المشروع؛ فسوف يؤثر ذلك على مجتمعنا على مدى السنوات العشر أو العشرين المقبلة».

كان لدى الوكالة بعض الموارد التي استطاعت توفيرها. ويرجع الفضل في ذلك إلى الطريقة التي غيَّرت بها ظاهرة «إل نينيو» الظروف المناخية فوق المحيط الأطلنطي، حيث كان هناك عدد أقل نسبيًّا من العواصف الاستوائية في العام الماضي. ويعني ذلك أن الوكالة لم تَستخدِم كل وقت الطيران المخطَّط للطائرة «جولف ستريم-5» صائدة الأعاصير، التي تطير فوق العواصف؛ لتجمع بيانات مفيدة لخبراء الأرصاد الجوية. وقد أدَّى موسم الأعاصير الهادئة أيضًا إلى عدم قيام «جلوبال هوك» بالكثير من رحلات الأبحاث في المحيط الأطلسي، كما كان مخططًا له في العام الماضي.

وحسب ما قاله دول: «لقد حققنا ذلك إلى حد كبير، عن طريق إعادة تخصيص المَبالغ المالية، فنحن نعمل في حدود الميزانية الحالية، ونغيِّر كل شيء حسب الحاجة».

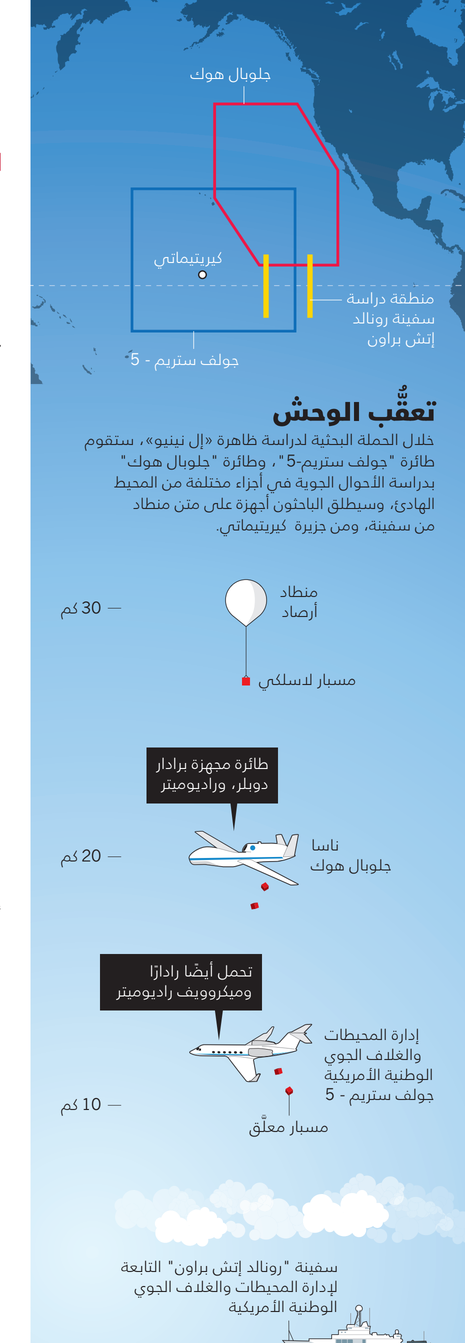
وطبقًا لأليكسي فيدوروف، منمذِج المناخ في جامعة ييل في نيو هيفن، كونيتيكت، فنظرًا إلى أن أحداث «إل نينيو» الحادة نادرة جدًّا، «فمن المهم أن ننتهز أي فرصة لجمع بيانات بقدر الإمكان». ويقول فيدوروف ـ الذي لا يشارك في الحملة ـ إن الباحثين يفتقرون إلى فهم كامل للطريقة التي تتطور بها «إل نينيو»، ويغيِّر بها أنماط الطقس العالمية.

قد تسفر المعلومات المجمَّعة على مدى الأشهر القليلة المقبلة عن فوائد على المدى الطويل لباحثي «إل نينيو»، ويستأنف دول حديثه بقوله: «إذا حققنا أهداف المشروع؛ فسوف يؤثر ذلك على مجتمعنا على مدى السنوات العشر أو العشرين المقبلة».

إنّ الهدف المباشر للمشروع هو مساعدة خبراء الأرصاد الجوية لفَهْم كيف يؤثر الغلاف الجوي الجامح على الطقس حاليًّا. ومن خلال جمع القياسات المباشرة من هذه المنطقة فقيرة البيانات، يأمل قادة حملة إدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية في تحسين التنبؤ بالطقس، والسماح للباحثين باختبار نماذج الطقس، من أجل فهْم أفضل لمصدر الأخطاء في تلك النماذج.

يقول دول: «كما ستساعد بيانات «جلوبال هوك» خبراء الأرصاد الجوية في تتبُّع عواصف «إل نينيو» المتولدة لدى انطلاقها بسرعة فائقة إلى غرب الولايات المتحدة». فعلى مدار الأسابيع القليلة الماضية، تعرَّضت كاليفورنيا الساحلية لمثل هذه العواصف، ومن المتوقع وصول المزيد. وكجزء من هذه الحملة، قامت إدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية بتركيب رادار ماسح بموجة «إكس» جنوب خليج سان فرانسيسكو؛ لقياس معدل هطْل الأمطار مع اقتراب العواصف.

سوف تتيح الوكالة بيانات الحملة الميدانية من خلال رفعها على نظام الاتصالات العالمي الخاص بمنظمة الأرصاد الجوية العالمية، بحيث يمكن للمتنبئين بالطقس في جميع أنحاء العالم الوصول إليها. ويقول بيتر باور ـ منمذِج غلاف جوي في المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى في ريدنج، المملكة المتحدة ـ إنه يخطط لتغذية تجارب النماذج بالبيانات؛ بهدف تحسين التنبؤات لأوروبا. ويكمل باور حديثه قائلًا: «إن لهذه الحملة أثرًا محتملًا بالغ الأهمية». ■



علم الطب الشرعي

فيتنام تبذل جهودًا ضخمة للتعرُّف على جثث ضحايا الحرب

أكبر مشروع تحديد هُويّاتٍ منظَّم يَستخدِم تقنيات فحص الحمض النووي الذكية.

أليسون أبوت

مع كل عملية حفر لإرساء أساسات لبناء المعابد أو المدارس، أو لحصد الأرز من الحقول، تخرج على السطح بقايا الأجسام المتحللة لضحايا الحرب الفيتنامية، حتى بعد 40 عامًا على نهاية الصراع. والآن، بدأنا نرى جهودًا تسعى لاستخدام تقنيات الحمض النووي الذكية؛ للتعرف على هُويّات البقايا العظمية لنصف مليون ـ أو أكثر ـ من الجنود الفيتناميين والمدنيين، الذين ما زالوا في عِداد المفقودين.

ويُعَدّ هذا النظام نظام التعرُّف الأكبر على الإطلاق، ولا يكاد ينافسه في ذلك إلا النظام الذي أقيم للتعرُّف على هُويات 20 ألفًا من ضحايا النزاعات المسلحة في البوسنة والهرسك أثناء تسعينات القرن العشرين.

يقول المحارب الفيتنامي المحنَّك، وأحد روَّاد علم الوراثة، كريج فينتر، وهو أيضًا رئيس معهد جيه. كريج فينتر في لاهويا بكاليفورنيا: «عندما بلغتُ العام الواحد والعشرين من عمري، كنتُ أؤدي خدمتي في الفيلق الطبي، ولم أتخيل قطُّ أن مثل هذا المشروع يمكن أن يرى النور. لقد ظننا أن هذه الجثث لا يمكن أن تكون إلا مجرد أرقام، أما الآن، وبعد عقود، أصبح من الممكن أن تكون لها أسماء».

وعلى الرغم من أن الولايات المتحدة استعادت جثامين معظم قتلاها في الحرب، وتعرَّفَت عليهم، لم تتمكن فيتنام إلى الآن إلا من التعرُّف على بضع مئات من قتلاها، باستخدام أساليب عفا عليها الزمن. ومع ذلك.. لا يزال الناس في فيتنام يستميتون؛ للحصول على رفات أقاربهم المفقودين.

منذ أعوام قليلة مضت، استجابت الحكومة لأوضاعهم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تحتوي مقبرة «فيت لاوس» الفيتنامية على رفات الآلاف ممن تُوُفُّوا في حرب فيتنام، ولا تزال هُويات معظمهم مجهولة.

الحرجة، وطلبت من شركة «أدفانسد إنترناشونال جوينت ستوك كومباني» AIC في هانوي أن تبحث عن أفضل الحلول الممكنة. استعانت الشركة بمشورة شركة التشخيصات الطبية «بيوجلوب» في هامبورج بألمانيا، بشأن كيفية تجهيز المعامل الفيتنامية وتدريب طواقمها. وفي عام 2014، أعلنت الحكومة الفيتنامية عن ضخ 500 مليون دونج (25 مليون دولار أمريكي) لصالح المشروع، وقالت إنها تستهدف بذلك تطوير مراكز اختبار الحمض النووي القائمة، البالغ عددها ثلاثة مراكز.

وحسب قول ترونج نام هاي ـ رئيس معهد التقنية الحيوية في أكاديمية فيتنام للعلوم والتقنية، الذي يحتضن أول معمل لفحص الحمض النووي يُعتزم تطويره ـ فقد كانت تلك أخبارًا عظيمة. فعلى حد قوله، اقترح معهده في التسعينات خططًا للتعرف على المفقودين. ومع ذلك.. «بسبب الظروف الصعبة في ذلك الحين»، لم تدخل تلك المقترحات حيِّز التنفيذ. وقد وقَّعت الحكومة في ديسمبر الماضي اتفاقًا للتدريب والاستشارات مع «بيوجلوب»؛ ما سيسمح ببدء سلسلة من الجهود المتتالية.

يقول الرئيس التنفيذي لشركة بيوجلوب وولفجانج هوبنر، الذي صاغ المقترح لفيتنام: «إن التحديات الفنية كبيرة، ولكنها ليست مستحيلة». وفي ظل المناخ الحار الرطب الذي يسود فيتنام، يُحتمل أن يكون الحمض النووي الموجود في العظام القابعة في القبور السطحية منذ عقود قد تحلّل بصورة كبيرة. وإضافةً إلى ذلك.. يمكن للملوِّثات الموجودة في ميكروبات التربة أن تثبط الإنزيمات التي يستخدمها العلماء لتكبير ما تبقَّى من كميات قليلة من الحمض النووي، بحيث تصل إلى مستوى يمكن تحليلها عنده. وبسبب العدد الكبير من العظام المستخدَمة في العملية، يلزم أداء العمل بفاعلية، حسبما يضيف هوبنر.

يستفيد مقترح هوبنر من الأدوات التي توفرها شركة التقنية الحيوية «كياجن»، التي تتخذ من ألمانيا مقرًّا لها، وهي أدوات تم تصميمها لحماية الحمض النووي، والكشف عن أكبر قدر ممكن منه عند التعامل مع مصادره الصعبة؛ مثل العظام المدفونة القديمة، التي لا تزال ـ مع ذلك ـ قابلة للفحص عبر عمليات ممنهجة و«مُجدية».

تتضمن عملية التعرُّف سحق عينات من العظام وتفتيت خلاياها كيميائيًّا. وقبل التضخيم، يتم استخلاص الحمض النووي، وإيداعه في خراطيش مُحكمة الغلق، توفِّرها شركة «كياجن»، وتحتوي على مواد كيميائية لإزالة المواد التي يمكنها إفساد العملية. وبعد ذلك.. تقوم إحدى وِحدات الشركة بفحص الحمض النووي الذي جرى تكبيره. وباستخدام مجموعة كبيرة من المؤشرات الجينومية يتم التعرُّف على الهُوية الجينية للعينة، كما يمكن للمعدات الكشف عما إذا كانت المثبطات موجودة، أم لا.

في الحالات التي يتعذر فيها إزالة المثبطات، يتم تحليل العينات يدويًّا باستخدام عمليات أبطأ وأكثر تعقيدًا، تم تطويرها بواسطة معمل طب شرعي ذي باع طويل في هذا المجال، تديره اللجنة الدولية لشؤون المفقودين «ICMP». وقد قاد ذلك المعمل ـ في سراييفو، عاصمة البوسنة والهرسك ـ جهود التعرُّف على القتلى الذين سقطوا في الصراع الدامي في التسعينات، بما في ذلك ما يقرب من 8,000 شخص، هم ضحايا حرب الإبادة الجماعية في سربرنيتشا في عام 1995.

بداية التدريب

تسهِم لجنة شؤون المفقودين أيضًا في تدريب العلماء الفيتناميين؛ حيث أرسل معمل ترونج في الشهر الماضي ستة من علمائه؛ لحضور برنامج تدريبي يستمر لثلاثة أشهر. ويقضي هؤلاء العلماء معظم وقتهم في هامبورج؛ للتركيز على فحوص الحمض النووي، إلى جانب قضائهم بعض الوقت في مقر اللجنة الدولية لشؤون المفقودين لتعلُّم جوانب أخرى مهمة فيما يخص التعرف على الجثث: كيفية تجنب اختلاط العظام من هياكل عظمية مختلفة أثناء استخراجها من القبور الجماعية، وكيفية البحث في العظام عن مؤشرات يمكنها أن تساعد في التعرُّف على هُوية صاحبها، مثل مؤشرات الطول والنوع.

كان من الممكن استخلاص مستويات مفيدة من الحمض النووي من حوالي 80% من ضحايا سربرنيتشا، حسب قول توماس بارسونس، رئيس مختبرات اللجنة، غير أن عظام الفيتناميين ظلت في الأرض لمدة أطول من البوسنيين، وفي مناخ أكثر قسوة، لكن طرق الفحص التي شهدت تحسنًا كبيرًا، والاختيار الحذر لعينات العظام سيساعدان في إتمام الأمر بنجاح، على حد قول بارسونس.

سيحتاج المشروع الفيتنامي إلى الحصول على عيِّنة مرجعية من الحمض النووي من أحد أفراد الأسرة لمقارنتها بتحليل الحمض النووي الخاص بكل من الضحايا. ويخطط المشروع للاتصال بالناس؛ لِحَثِّهم على التبرع بعينات من اللُّعاب لإنشاء بنك بيانات مرجعي، وهو ما لن يكون سهلًا. كما أن العديد من ضحايا الحرب ربما يكونون قد ماتوا صغارًا قبل أن يُنجبوا، وقد يكون آباؤهم قد ماتوا أيضًا، ولذا.. سيكون من اللازم أَخْذ عينات مرجعية من أقارب من درجات أبعد، يتشابه الحمض النووي الخاص بهم مع الضحايا بدرجة أقل. يقول هوبنر: «لهذا السبب.. يُعَدّ من الأهمية بمكان القيام بتحليل الحمض النووي باستخدام مجموعة مؤشرات أكبر من المعتاد».

سيناشد المشروع الناس الإدلاء بالمعلومات حول الأماكن المحتمَل وجود العظام فيها. فبخلاف البوسنة، حيث كان من الممكن للباحثين استخدام تقنيات التصوير بالأقمار الصناعية لتحديد أماكن المقابر الجماعية، ستعتمد الجهود في فيتنام على تقارير الشهود، وكذلك على المعلومات المتوفرة لدى العامة، ولدى الأوساط العسكرية.

وبمجرد الانتهاء من تطوير جميع مراكز الاختبار الحكومية الثلاثة، بحلول عام 2017 على الأغلب، سوف تكون قادرة مجتمعةً على تحديد هُويّات ما بين 8,000 و10,000 شخص سنويًّا، على حد قول ترونج، الذي يتوقع أن يرتقي مشروع الحمض النووي بالثقافة العلمية لدى الفيتناميين. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جامعة لودفيغ ماكسميليان في ميونخ هي جزء من برنامج التميز الذي تموله الحكومة.

SUEDDEUTSCHE ZEITUNG PHOTO/ALAMY

ألمانيا

نجاح باهر للمراكز البحثية الألمانية

برامج «الفِرَق البحثية» تحقِّق نجاحًا باهرًا ضمن المبادرة الألمانية للتميز، رغم تركيزها على جامعات الصفوة.

كيرين شايرماير

في رأي الكثيرين، تستمد ميونخ شهرتها من مهرجان «أوكتوبرفيست» Oktoberfest للجعَّة، لكن عالِم الفيزياء، شتيفان بول، يرى أن بهاءها وسحرها في صعود نجم جامعاتها، بما تجريه من دراسات حول نشأة الكون، وبِنْيَته.

لطالما كانت المنطقة مركزًا وطنيًّا في مجال الفيزياء، ولكن ذاع صيتها وإقبال علماء نظريات الكون وفيزياء الجزيئات عليها في السنوات الأخيرة بفضل برنامج بحثي عظيم التمويل، يجمع بين جامعتين كبيرتين في المدينة، هما: جامعة ميونخ التقنية، وجامعة لودفيج ماكسيميليان، والعديد من معاهد ماكس بلانك في جارشنج.

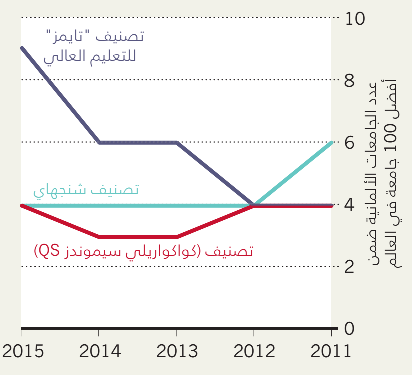
وحسب قول بول، عالِم الفيزياء في جامعة ميونخ التقنية، الذي يقوم بدور منسق البرنامج: «لدينا بِنْيَة أساسية بحثية فائقة التطور، ولدينا تجمُّع ليس له نظير من الخبراء والباحثين».

يمثل هذا البرنامج واحدًا من 43 برنامجًا مماثلًا، أطلقتها «المبادرة الألمانية للتميز» في عام 2011 (بميزانية قدرها 4.6 مليار يورو، أو ما يعادل 5 ملايين دولار). وتُعَدّ هذه البرامج من أبرز قصص النجاح التي حققتها هذه المبادرة، التي تستمر لمدة عشر سنوات، وذلك وفقًا لما أكَّده تقرير كبير، نشرته لجنة دولية مستقلة في 29 يناير الماضي (انظر: go.nature.com/qxo768).

تَجمَع هذه البرامج فرق الباحثين ـ سواء داخل الجامعة، أم من معاهد مختلفة في المنطقة نفسها ـ الذين لم يكن بينهم تواصُل قوي؛ لكي تتضافر جهودهم ومنشآتهم؛ ويتبادلوا الخبرات؛ ويكملوا بعضهم البعض. وعن ذلك.. يقول بول: «لقد دُهشنا من كَمّ الأبحاث الرائعة».

يوصي التقرير ـ الذي تم بناء على تكليف من الحكومة الألمانية الفيدرالية، وحكومات الست عشرة ولاية التابعة لها ـ بالاستمرار في مبادرة التميز، خاصة فِرَق الباحثين التي حققت نجاحات باهرة، غير أن التقرير لم يجزم على نحو قاطع بنجاح المبادرة في تحقيق هدفها الأسمى، ألا وهو الوصول إلى كيان بحثي مرموق، على غرار جامعة هارفارد، أو جامعتي أكسفورد، وكمبريدج.

يقول دايتر إمبودين، العالِم السويسري المتخصص في فيزياء البيئة، ومدير العلوم لفترة طويلة، الذي رأس لجنة التقييم: «إنّ الأبحاث العلمية التي أنجزتها فِرَق الباحثين في مجموعات التميز تثير الإبهار حقًّا».



SOURCE: IEKE FINAL REPORT (JAN. 2016); HTTP://GO.NATURE.COM/QXO768

واستأنف قائلًا: «غير أننا لا نزال في بداية طريق طويل، لكي نصل إلى مصافّ كبرى الجامعات العالمية».

منذ بدايتها، وَسَمَتْ المبادرة بعض الجامعات بـ«الصفوة»، ومُنح هذا اللقب لإحدى عشرة جامعة، منها جامعة ميونخ التقنية، وجامعة لودفيج ماكسيميليان؛ وكافأت هذه الجامعات بمبلغ 10 ملايين يورو، الإضافة إلى 14 مليون يورو سنويًّا.

وقد أشار تقرير نشرته المؤسسة الألمانية للبحوث ـ الوكالة الأولى لتمويل الأبحاث في ألمانيا ـ في سبتمبر الماضي إلى زيادة ملحوظة في الإنتاج العلمي لهذه الجامعات. وتَوَصَّل تحليل آخر أَجْرَتْه دورية *Nature* (*Nature* **525**, 168-169; 2015) إلى أن نسبة المنشورات في جامعات الصفوة التي تظهر في أفضل 10% من أكثر الأوراق البحثية استشهادًا في العالَم قد تضاعفت منذ عام 2002 (رغم أن دورية *Nature* قد توصلت إلى أن الأمر نفسه ينطبق على خمس جامعات ألمانية جيدة، ولكنها ليست من جامعات الصفوة)، غير أن جامعات الصفوة الجديدة لا زالت دون مستوى أمثال جامعتي أكسفورد، وهارفارد في التصنيفات العالمية، وإقبال كبار العلماء، وحجم التمويل. ويقول منتقدو المبادرة إنها أنشأت طبقتين في منظومة البحث العلمي، وعبئًا إداريًّا جسيمًا.

وحتى العلماء في جامعات «الصفوة» يتفقون مع الرأي القائل إن لجنة المبادرة أثبتت نجاح المفهوم (انظر الرسم التوضيحي «صفوة ألمانيا؟»). وحسب قول شتيفان لايبفريد، وهو عالِم اجتماع ومتخصص في سياسات البحوث في جامعة بريمين، التي حصلت على تصنيف «جامعة صفوة»، رسَّخت المبادرة ثقافة إيجابية، شعارها: «يمكننا تحقيق أهدافنا»، ولكنه عاد ليستطرد قائلًا إن الوصول إلى قمة التصنيفات الجامعية الدولية يتطلب عقودًا من العمل الجاد».

ويتفق شتيفان هورنبوستيل ـ الباحث في سياسات العلوم في جامعة هومبولت في برلين، وهي ضمن أحدث 11 جامعة حصلت على تصنيف «الصفوة» ـ مع هذا الرأي، قائلًا: «مهما حاولت، لن نستطيع التغلب على جامعة هارفارد بسهولة».

ويوصي التقرير بمدّ البرنامج الحالي لمدة عامين، تنتهي في عام 2017، يليه برنامج آخر، يبدأ في عام 2019. ويقترح التقرير ألا تحصل على تصنيف «الصفوة» أكثر من 10 جامعات في المستقبل، وأن يكون تمديد دعم فرق البحث الواعدة في القلب من برنامج التميز، بعد استئنافه. يقول التقرير إنه في البرنامج الجديد ينبغي توجيه المزيد من التمويل نسبيًّا «للتخصصات الأصغر» في الماضي، وضرورة اختيار الفِرَق والمجموعات البحثية من جامعات بعيدة، ونائية جغرافيًّا.

لا تُعَدّ هذه التوصيات مُلْزِمة، ولكنها تدعم قرار الحكومة الفيدرالية وحكومات الولايات بشأن استمرار المبادرة، أو إيقافها، وهو القرار الذي سوف يُتَّخذ في شهر يونيو المقبل.

وبالنسبة إلى بول وفريقه، الذين حصلوا على نحو 70 مليون يورو من البرنامج حتى الآن، تأتي توقعات تجديد الدعم في الوقت المناسب. فمنذ عام 2006، هاجر حوالي 150 عالِم فيزياء من كبرى المراكز البحثية والمؤسسات البارزة في أوروبا ودول العالم إلى ميونخ. وقد بدأ الباحثون هناك بناء منشأة جديدة للنيوترونات فائقة التبريد، ومختبَر تحت الأرض، مُحَصَّن من الإشعاع في الغلاف الجوي، بتمويل جزئي من المبادرة. وربما تسلِّط التجارب الرئيسة التي تُجرى في هذه المنشآت ـ كما يقولو بول ـ بعض الضوء على خصائص جزيئات النيوترينو، وتصميم الكون في مراحله الأولى، والطبيعة الغامضة للمادة المظلمة.

يرى بول أن التعاون بين فِرَق الباحثين والعلماء ـ بفضل مبادرة التميز ـ قد وضع «البذرة الصالحة في التربة الخصبة، وقد حان الوقت الآن لجَنْي الثمار». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



PETE MULLER/NATL GEOGRAPHIC CREATIVE

الخفافيش، يُشتبه في كونها مستودع برّي لفيروس الإيبولا.

علم الأوبئة

متعقّبو الإيبولا ينشطون، سعيًا للبحث عن مخبأ الفيروس

إثر بدء تلاشي وباء الإيبولا في غرب أفريقيا، يسعى الباحثون إلى اكتشاف المُضيف الطبيعي للفيروس؛ لمَنْع تفشِّي الوباء مجددًا فيما بعد.

إوين كالاواي

مع الإعلان الرسمي عن انتهاء انتشار وباء الإيبولا في غرب أفريقيا، الذي كان من المقرر صدوره يوم 14 يناير الماضي، يكون الفيروس الذي فتك بحياة أكثر من 11,000 شخص في غضون سنتين قد بدأ في التلاشي فعليًّا إلى ذاكرة التاريخ. ولا يعني ذلك اختفاء الفيروس تمامًا.. فهو يبقى مختبئًا في مستودعات حيوانية، وفي الغالب، سوف يعود لينتشر بين البشر من جديد.

يقول ديفيد بيجوت، المتخصص في علم الأوبئة المكانية في جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة: «يتوجب علينا التركيز على ما يمكن حدوثه بعد ذلك»؛ ولذا.. يجب العمل على كشف الأنواع التي تؤوي الفيروس في الحياة البرية؛ في محاولةٍ لمنع انتشار الوبائيات الفتاكة في المستقبل.

وتلك المهمة ليست سهلة؛ فمنذ بدء ظهور المرض في زائير ـ التي أصبح اسمها الآن جمهورية الكونغو الديمقراطية ـ لم تثمر أيّ من الجهود المبذولة لتعقُّب أصل تفشي الوباء في أي مرة عن شيء، حتى في التفشي الأخير. فبرغم تفشي الفيروس عدة مرات في حيوانات الغوريلا، والشمبانزي في الحياة البرية في أفريقيا الوسطى، إلا أن أجساد هذه الحيوانات تتأثر بشدة ـ كأجساد البشر ـ من الفيروس، حتى إنه لا يمكنها أن تكون مضيفًا طبيعيًّا له. ويرى الخبراء أنّ الأنواع التي يمكن أن تمثل مستودعًا للفيروس على الأرجح تؤوي مستويات منخفضة منه، ولا تمرض بسببه.

على رأس قائمة تلك الأنواع المضيفة المحتملة بعض خفافيش الفاكهة الموجودة في أفريقيا الوسطى والغربية، حيث بدأت كافة عدوى الإيبولا المعروفة؛ وهي تُصطاد عادةً من أجل أكل لحومها. فقد كشفت دراسة[1] أُجريت في عام 2005 عن وجود مادة وراثية خاصة بفيروس الإيبولا في بعض خفافيش الفاكهة الموجودة في الجابون، وجمهورية الكونغو الديمقراطية، كما كشفت عن وجود أجسام مضادة للفيروس في دماء البعض الآخر. ويُعْتَقد كذلك أنّ خفافيش الفاكهة تلك تنقل فيروس ماربورج، الذي يشبه فيروس الإيبولا كثيرًا.

«أنا على يقين من أنّ خفافيش الفاكهة هي مستودع فيروس الإيبولا».. هكذا صرَّح بيتر داساك، المتخصص في الأمراض البيئية، ورئيس تحالُف «إكو هيلث» EcoHealth، وهي منظمة حفظ في مدينة نيويورك، تنوي إجراء دراسة استقصائية لعدة أنواع من الخفافيش، بما فيها خفاش الفاكهة، في ليبيريا؛ بغية البحث عن علامات لوجود عدوى الإيبولا.

ويعتقد باحثون آخرون أنّ التركيز على الخفافيش وحدها هو أفق ضيق للغاية. يقول فابيان ليندرتس، المتخصص في علم الأوبئة في الحياة البرية بمعهد روبرت كوخ في برلين: «إن الأدلة التي تشير إلى خفافيش الفاكهة هي الأقوى بالفعل، لكنها تظل أدلة ضعيفة».

يشكّ ليندرتس في نوع آخر من الخفافيش. فقد ترأَّس فريقًا للبحث عن مصدر التفشي الأخير للوباء في غرب أفريقيا في بدايات عام 2014، وذلك بعد عدة أشهر من الإصابة البشرية الأولى لطفل في جنوب غينيا. أمسك الفريق بعشرات الخفافيش قرب القرية التي يقطنها ذاك الطفل، إلّا أنهم لم يعثروا في أيّ منها ـ سواء في الأنواع الآكلة للفاكهة، أم غيرها ـ على أي إشارات قاطعة لوجود العدوى[2]. ورغم ذلك.. أثار دليل عرضي شبهة الباحثين حول خفافيش صغيرة آكلة للحشرات، كانت تعيش في شجرة بالقرب من بيت الطفل. أُحرِقَت الشجرة قبل أن يصل الباحثون إليها، إلّا أنه اتضح أنها كانت ممتلئة بتلك الخفافيش، وأخبر القرويّون فريق البحث أنّ الأطفال كانوا يلعبون في جذع الشجرة المُجوَّف. والآن، يبحث الفريق عن كثب في الخفافيش الآكلة للحشرات، برغم تحذير ليندرتس من صبّ جُلّ التركيز على حيوان واحد فقط.

استثنائيون.. مشتبه فيهم

ينصح بعض الباحثين بتوسيع دائرة الاشتباه أكثر؛ إذ يقول جينس كون، المتخصص في علم الفيروسات في المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المعدية في فورت دتريك بولاية ميريلاند: «لستُ مقتنعًا البتة بطرح الخفافيش ذلك». يرى كون أنّه بسبب أن الخفافيش موجودة بكثرة حول الإنسان، ومقرَّبة جدًّا منه، لا يمكن أن تُعتبر مصدرًا لعدوى ظهرت حوالي أربع وعشرين مرة فقط على مدار العقود الأربعة الأخيرة.. ويضيف قائلًا إنها «ستكون مضيفًا عجيبًا، إنْ صحَّ الأمر»، وبذلك.. قد تنضم المفصليات والفطريات أيضًا للاحتمالات، كما يرى.

يميل آخرون إلى البحث في الأنواع المألوفة أكثر.. فالوكالة الأمريكية للتنمية الدولية مثلًا تنوي إجراء دراسة استقصائية، تمتد على مدار عامين، لنطاق واسع من الحيوانات، بدءًا من القوارض، حتى المواشي والكلاب والقطط الأليفة. قد لا تكون تلك الحيوانات مستودعًا طبيعيًّا للفيروس، لكنها قد تسهم في انتشاره في الإنسان، حسب رؤية دينيس كارول، مدير وحدة «الإنفلونزا المتوطنة، والتهديدات الأخرى الناشئة» في الوكالة.

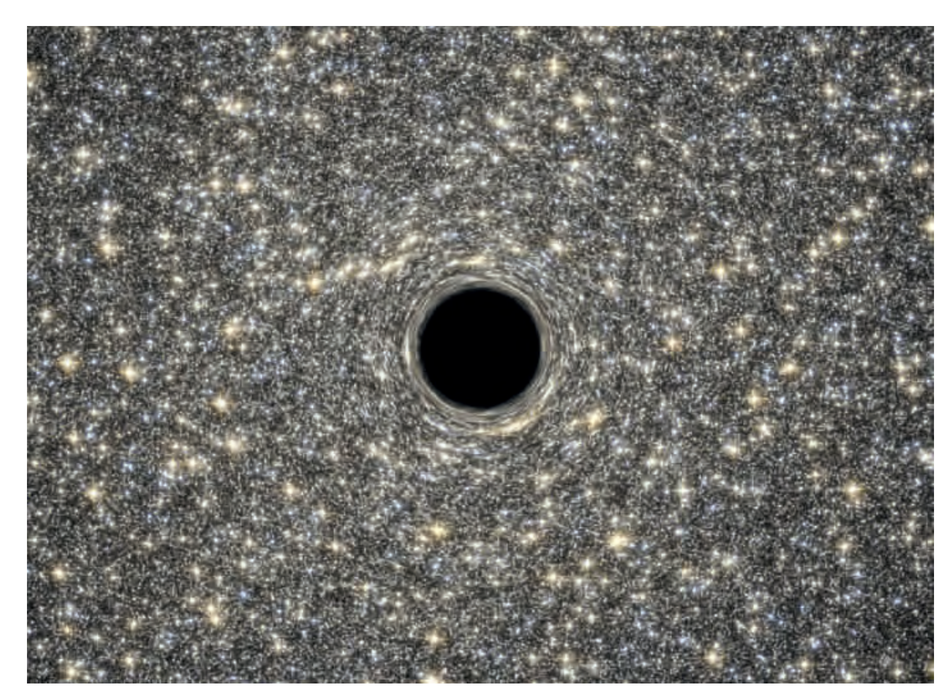
وبوجود الكثير من علامات الاستفهام حول المستودعات الفعلية لفيروس الإيبولا، يرى بعض العلماء أن الوقت قد حان للتوقف عن البحث عن الفيروس في مخلوقات معينة، والبدء في تَبَنّي منهجيات أكثر شمولية، تبحث في عوامل بيئية وبشرية عامة لانتشار الأوبئة. ومِن بين هؤلاء.. توني جولدبرج، المتخصص في علم الأوبئة في جامعة ويسكونسين ماديسون؛ فهو لم يعد يساند الرأي القائل إنه يجب «علينا تغطية القارة الأفريقية بمبتعثين يقومون بتحليل التسلسلات الجينية، وأخْذ عيِّنات من أي كائن فيها يزحف، أو يطير، أو يسبح، لكي نجد المستودع الطبيعي للفيروس». ويقول: «كنت أفكر بهذه الطريقة أيضًا.. لكنّني الآن أحِيد عن هذا النهج». لذا.. يدرس فريق جولدبرج كيف يتعامل أولئك الذين يصطادون الحيوانات البرية لأكْلها مع الأنظمة البيئية التي تنتمي إليها تلك الحيوانات، بغية تحديد عوامل، قد تكون ذات صلة بانتشار أنواع من العدوى حيوانية المصدر، مثل الإيبولا.

وبجهود مماثلة.. يقود بيجوت وزميله سيمون هاي ـ المتخصص في علم الأوبئة ـ فريقًا ينظر في العدوى السابقة للفيروس، باحثين عن عوامل بيئية عامة، مثل نمو النبات، وزيادته، ووجود أنواع من الحيوانات، يُشتبه في كونها مستودعات للفيروس، مثل خفافيش الفاكهة، وأخرى ناقلة له، كالقرود. وبعرض تلك المعطيات، أنشأ الفريق البحثي خريطة لمناطق معرضة لخطر انتشار الإيبولا[3].

أما باربرا هان، المتخصصة في الأمراض البيئية في معهد كاري لدراسات الأنظمة البيئية في ميلبروك بنيويورك، فهي تستخدم تقنيات التعلُّم الآلي؛ للتنبؤ بأنواع الخفافيش، التي مِن المرجَّح أن تؤوي فيروس الإيبولا، والفيروسات ذات الصلة به، انطلاقًا من كونها تتقاسم العوامل البيئية العامة الموجودة في الأنواع المشتبه في كونها مستودعًا للفيروس.

تلقَّت بحوث علاجات ولقاحات الإيبولا تمويلات كثيرة من مصادر عامة وخاصة إبان انتشار الوباء. لذا.. يأمل الباحثون المتعقبون للفيروس في البر أن ينالوا اهتمامًا مشابهًا، ودعمًا ماليًّا مماثلًا؛ لكنهم يدركون أن الأمر لن يكون سهلًا. يقول جولدبرج: «أثار هذا الأمر الحماس والنشاط لدى الكثيرين، وأثار حماسي أنا أيضًا. إنّ المشكلة هي أنّنا لا ندري إلى أيّ وجهةٍ نمضي بكل هذا الحماس». ■

1. Leroy, E. M. *et al. Nature* **438,** 575–576 (2005).
2. Saéz, A. M. *et al. EMBO Mol. Med.* **7,** 17–23 (2014).
3. Piggott, D. M. *et al. eLife* **3,** e04395 (2014).



NASA, ESA, D. COE, G. BACON (STSCI)

ثقب أسود، مُتخيَّل هنا في مجرّة M60-UCD1.. يُعتقد أنه يفقد المعلومات أثناء تلاشيه.

الفيزياء

الفيزيائيون منقسمون حول منشور هوكينج

يرحِّب البعض بمنشور هوكينج الأخير، باعتباره يقدم طريقة جديدة لحل أحد ألغاز الثقوب السوداء، بينما يشكِّك آخرون في حيثياتها.

ديفيد كاستيلفيكي، كمبريدج، المملكة المتحدة

بعد مرور ما يقرب من شهرين على نشْر ستيفن هوكينج وزملائه ورقة علمية على شبكة الإنترنت[1] حول الثقوب السوداء، لا يزال الفيزيائيون غير قادرين على الاتفاق على مدلولها.

يؤيد البعض ادِّعاء النص الأوَّلي للورقة، بأنها تطرح طريقة واعدة لمعالجة لغز «معلومات الثقب الأسود»، الذي عرّفه هوكينج قبل أكثر من 40 عامًا. يقول أندرو سترومينجر، وهو فيزيائي بجامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، وأحد المؤلفين المشاركين: «أعتقد أن هناك شعورًا عامًّا بالإثارة، لكوننا نملك الآن نظرة جديدة للأمور، قد تُخْرِجنا من المأزق». وقد استعرض سترومينجر النتائج في يوم 18 يناير الماضي، أثناء إلقائه كلمة أمام حشد كبير في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة، حيث يقيم هوكينج.

تساوِر آخرين شكوكٌ حول قدرة النهج المقترَح على حلّ اللغز، برغم قول البعض إنّ العمل المُقدَّم من شأنه أن يضيء عتمة عدة معضلات فيزيائية. في أواسط السبعينات، اكتشف هوكينج أن الثقوب السوداء ليست سوداء تمامًا، بل هي في الواقع تُصدِر بعض الإشعاع[2]. فوفقًا للفيزياء الكمية، يجب أن تَظْهَر أزواج من الجسيمات من التقلبات الكمية خارج أفق الحدث مباشرةً، أي نقطة الـ«لا عودة» في الثقب الأسود. وبذلك.. يفلت بعض تلك الجسيمات من قوى الثقب الجاذبة، لكنه يأخذ جزءًا من كتلته، مؤديًا ببطء إلى انكماشه، حتى يتلاشى في النهاية.

في ورقة علمية[3] نُشرت في عام 1976، أشار هوكينج إلى أن تدفق الجسيمات إلى الخارج ـ ما يُعرف اليوم بإشعاع هوكينج ـ له خواص عشوائية تمامًا. وبالتالي، فور اختفاء الثقب، تضيع في الفضاء أيّ معلومات كان يحملها أي جسم سقط فيه في السابق، إلا أن ذلك يتعارض مع قوانين الفيزياء، التي تنص على أن المعلومات ـ كالطاقة مثلًا ـ تظل محفوظة؛ وهنا تكمن المفارقة. فكما قال سترومينجر أثناء كلمته: «تلك الورقة أرّقت نوم كثيرين من علماء الفيزياء النظرية، أكثر من أي ورقة أخرى نُشرت من قبل».

وقد أوضح سترومينجر أن الخطأ كان في إغفال إمكانية حمل الفضاء الخالي للمعلومات. أما في الورقة العلمية التي أعدّها بمشاركة هوكينج، ومالكولم بيري، الذي يعمل هو الآخر في جامعة كمبريدج، فقد حوّلوا وجهتهم نحو الجسيمات الناعمة؛ وهي تشمل أنواعًا من الفوتونات منخفضة الطاقة، وجسيمات افتراضية تُعرف بالجرافيتونات، إلى جانب جسيمات أخرى. وحتى وقت قريب، كانت تُستخدم تلك الجسيمات في الأساس لإجراء حسابات فيزياء الجسيمات، إلا أن المؤلفين يرون أن الفراغ الذي يُوجد فيه الثقب الأسود لا يحتاج أن يكون خاليًا من الجسيمات؛ بل يحتاج إلى أن يخلو من الطاقة فقط. ومن ثم، تُوجَد الجسيمات الناعمة فيه على هيئة منعدمة الطاقة.

وحسب ما كتبوه.. فإنّ أي شيء يسقط في ثقب أسود يترك بصمة على تلك الجسيمات. يقول سترومينجر: «إذا كنتَ في فراغ، وتنفَّسْتَ فيه، أو فعلت أي شيء، فأنت تحرك الكثير من الجرافيتونات الناعمة». وبعد هذا الاضطراب، يكون الفراغ من حول الثقب الأسود قد تغيَّر، وتم حفظ المعلومات.

وتبعًا لذلك.. تقترح الورقة العلمية آلية لنقل تلك المعلومات إلى الثقب الأسود، وهو ما يجب أن يحدث كخطوة تالية؛ من أجل حل اللغز؛ وذلك بحساب كيفية ترميز البيانات في وصف كمّي لأفق الحدث، الذي يُطلق عليه الاسم المُريب «شَعْر الثقب الأسود».

نقل خادع

ومع ذلك.. لا يزال العمل غير مكتمل. يقول أبهاي آشتيكار، الذي يدرس الجاذبية في جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك، إنه يرى الطريقة التي ينقل بها المؤلفون المعلومات إلى الثقب الأسود، والتي يسمونها «شَعْرًا ناعمًا»، غير مقنعة. وقد أقرّ مؤلفو الورقة بأنهم لا يعرفون حتى الآن كيف يمكن للمعلومات أن تنتقل لاحقًا إلى إشعاع هوكينج، وهي خطوة ضرورية.

أما ستيفن آفيري، عالِم الفيزياء النظرية بجامعة براون في بروفيدنس في رود آيلاند، فيساوره الشك حول قدرة النهج المقترح في حلّ المعضلة، إلا أنه معجب بالطريقة التي يرفع بها قيمة الجسيمات الناعمة. كما يشير إلى أن سترومينجر قد وجد أن تلك الجسيمات تكشِف عن تناظرات دقيقة لقوى الطبيعة المعروفة[4]؛ «بعضها كنا نعرفه من قبل، والبعض الآخر جديد بالنسبة لنا»، كما يقول.

وهناك فيزيائيون آخرون أكثر تفاؤلًا إزاء إمكانات النهج المقترَح لحل معضلة المعلومات؛ من ضمنهم سابين هوسّنفلدر، التي تعمل في معهد فرانكفورت للدراسات المتقدمة في ألمانيا. تقول هوسّنفلدر أن النتائج المتعلقة بالشعر الناعم ـ إضافة إلى بعض الأعمال التي تقوم بها ـ قد تحل جدلًا آخر قد أُثير مؤخرًا حول الثقوب السوداء، يُعرف بمشكلة جدار الحماية (انظر: *Nature* **496**, 20–23; 2013)، وهو يتمثل في السؤال الدائر حول ما إذا كانت معلومات إشعاع هوكينج تجعل أفق الحدث مكانًا ساخنًا جدًّا، أم لا. ويُناقض ذلك نظرية النسبية العامة الخاصة بألبرت أينشتاين، التي لا يرى بموجبها الراصد الذي يسقط عبر الأفق أيَّ تغيرات مفاجئة في البيئة المحيطة به.

تقول هوسّنفلدر: «إذا كانت للفراغ حالات مختلفة، يمكنك نقل المعلومات إلى الإشعاع، من دون أن تضطر لأن تضع أي نوع من الطاقة عند الأفق. لذا.. ليس هناك جدار حماية». ■

1. Hawking, S. W., Perry, M. J. & Strominger, A. Preprint at http://arxiv.org/abs/1601.00921 (2016).
2. Hawking, S. W. *Nature* **248,** 30–31 (1974).
3. Hawking, S. W. *Phys. Rev. D* **14,** 2460–2473 (1976).
4. Strominger, A. *J. High Energ. Phys.* **1407,** 152 (2014).

تصحيح

وَرَد تصحيح بشأن مقال «ماذا يحمل لنا عام 2016؟»، المنشور في عدد فبراير (*Nature* **529,** 14–15; 2016)، حيث أغفلنا ذكر أن وكالة «ناسا» قد أوقفت مشروع مسبار InSight، الذي كان مخططًا إطلاقُه إلى المريخ خلال العام الحالي.



مجموعة من رهبان التبت الصغار يتضامُّون في أرض مرعى قاحلة في هضبة التبت.

كارثة في هضبة التبت

تغيرات سريعة في مراعي التبت تهدد حياة البدو الرعاة، والموارد الأساسية للمياه في آسيا.

جين كيو

في المناطق الشمالية من هضبة التبت، ترعى عشرات الأبقار في أراضٍ عشبية تبدو مثل سجادة بالية ومهترئة. تقلَّصت المراعي، حتى تعرَّت التربة تمامًا في بعض المواقع، وانتشرت الشقوق العميقة في صفحة الأرض المكسوة بالثلوج. يهرع مالك أبقار يُدعى دودرا خارجًا من منزله، مرتديًا ثوبًا أسود، وقبعة رعاة البقر، وعلى وجهه ابتسامة لطيفة مشوبة بالقلق.

يقول دودرا: «تدهورت أحوال المراعي، ولم يعد بها ما يُسْمِن الماشية، أو يغنيها من جوع؛ فأصبحت هزيلة، لا تُدِرّ سوى القليل من اللبن».

تعتمد أسرة دودرا، المكونة من ثمانية أفراد ـ بصورة رئيسة ـ على ما تنتجه الأبقار من حليب، وزُبْد، ولحوم، ووقود حيوي. وقد اضطر دودرا قبل عشر سنوات إلى التخلي عن نصف قطيعِه، عندما فرضت الحكومة الصينية قيودًا على عدد رؤوس الماشية المسموح باقتنائها. ورغم أن أسرته تحصل على تعويض مالي، لا أحد يعلم إلى متى سيستمر ذلك الوضع.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KEVIN FRAYER/GETTY

يقول دودرا: «بالكاد نجد ما نقتات عليه هذه الأيام. إننا نعيش على الكفاف. وإذا استمرت المراعي في التقلُّص؛ سنفقد قوام حياتنا».

تتناقض التحديات التي يواجهها دودرا وأقرانه من رعاة التبت مع التقارير السعيدة التي تذيعها وسائل الإعلام الصينية حول ازدهار مراعي التبت، التي تربو مساحتها على 1.5 مليون كيلومتر مربع، وتحسُّن حياة ملايين البدو الذين يسكنونها. لقد طبَّقت الحكومة الصينية منذ التسعينات سلسلة من السياسات التي حَدَّت من نشاط الرعي، وجعلت الرعاة دائمي التنقل والترحال يستقرون في تجمُّعات ثابتة. ووفقًا للرواية الرسمية، ساعدت هذه السياسات في انتعاش المراعي، ورفع مستوى معيشة البدو الرعاة.

يرى كثير من الباحثين أن الأدلة المتوفرة تشير إلى العكس؛ فهذه السياسات تضر بالبيئة وبالرعاة. يقول وانج شيبينج، عالم البيئة في معهد أبحاث هضبة التبت، التابع للأكاديمية الصينية للعلوم في بكين: «مراعي التبت ليست بمأمن إطلاقًا. وجزء كبير من المشكلة يكمن في أن هذه السياسات لم تسترشد بالعلم، ولم تأخذ التغيرات المناخية والإقليمية في الاعتبار».

تتجاوز تداعيات هذا الجدال حدود هضبة التبت، التي تبلغ مساحتها 2.5 مليون كيلومتر مربع (أي أكبر من مساحة جرينلاند). ويخضع الجزء الأكبر منها لسيطرة الصين. فالمراعي التي تغطي ثلثي الهضبة تقريبًا تخزِّن الماء الذي يغذي أكبر الأنهار في آسيا. وتُعَدّ هذه المراعي نفسها بمثابة مستودع عملاق للكربون، الذي قد يتسرب بعضه إلى لغلاف الجوي، إذا استمر تدهور الحال. وسيفضي تقلص المراعي، وفقًا لقول ديفيد مولدن ـ المدير العام للمركز الدولي للتنمية الجبلية المتكاملة «ICIMOD» في كاتماندو بنيبال ـ إلى «تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، وتهديد مصادر المياه التي يعيش عليها 1.4 مليار نسمة، وسيؤثر على الرياح الموسمية الآسيوية». ودفعَتْني هذه المخاوف إلى القيام برحلة خلال العام الماضي، طولها 4,700 كيلومتر، من شينينج في الأطراف الشمالية للهضبة إلى لاسا في قلب التبت (انظر: «رحلة عبر التبت»). التقيت بالرعاة والعلماء طوال الرحلة، واجتزت تضاريس مختلفة، وتتبَّعْتُ النهرين.. الأصفر، واليانجتسي إلى منابعهما. وكشفَتْ الرحلة أن مراعي التبت مهددة بالأخطار، على خلاف ما تصفه التقارير الحكومية الرسمية. ويبذل العلماء جهودًا حثيثة لمعرفة أسباب التغيرات التي تشهدها هذه المراعي، وكيفية حدوثها.

داخل الأسوار

سرعان ما بدأت الأمطار تتساقط بعد مغادرتنا مدينة شينينج على طريق سريع مُنشأ حديثًا، يمتد على طول النهر الأصفر. ومع صعود سيارتنا الـ«لاند كروزر» على جزء من الهضبة، يبلغ ارتفاعه 3,800 متر، تكشَّفَتْ في الأفق تلال كالأمواج، تكسوها طبقة كثيفة من المروج الخضراء، كأنها ملعب جولف عملاق. مررنا بقطعان من الأغنام والأبقار، وشاهدنا الخيام البيضاء، والبدو بثيابهم الملونة، ورأينا أسوارًا من الأسلاك الشائكة، قَسَّمَتْ الأرض إلى قطع صغيرة.

في كل صيف تهطل الأمطار الموسمية الغزيرة على هذه البقعة من هضبة التبت، التي تُعرف باسم مقاطعة «خنان». وينعم الرعاة الذين يعيشون هنا بحياة رغيدة، فهم يمتلكون ماشية تتمتع بصحة جيدة. يقول الراعي جونجبو دوندروب: «نحن نحظى بالكثير من العشب والمرعى، ونعتني بالماشية على أكمل وجه».

ويستدرك دوندروب قائلًا إن الحياة اختلفت كثيرًا منذ أن بدأت الحكومة قبل عشر سنوات تقسِّم المراعي بأسوار من الأسلاك الشائكة. فقد كان قبل ذلك الوقت يأخذ قطيعه إلى أفضل المراعي في المرتفعات الشاهقة في الصيف، ويعود إلى السفوح في فصل الشتاء. أما الآن، فيجب عليه أن يرعى أبقاره في قطعة أرض، تبلغ مساحتها 80 هكتارًا، خَصَّصَتْها الحكومة لعائلته. أصبحت حشائش مرعاه ضعيفة ومتهالكة، والحكومة تضغط عليه لتخفيض أعداد قطيعه من الماشية مُجددًا. يقول: «لا أعلم إلى متى سيظل المرعى قادرًا على إعالتنا».

تُعَدّ مبادرة التسوير أحدث إجراءات الحكومة الصينية؛ للحفاظ على المراعي؛ فبعد ضم التبت في عام 1950، قامت الجمهورية الصينية الحديثة بتأميم جميع الماشية والأراضي، وجعْلها مملوكة للدولة. وتنافست المزارع الحكومية الكبرى فيما بينها على زيادة الإنتاج، وتضاعفت أعداد رؤوس الماشية في هضبة التبت على مدار عقدين، لتصل إلى حوالي 100 مليون في أواخر السبعينات، ولكن في الثمانينات، ومع انتقال الصين نحو اقتصاد السوق، انتقلت بكين إلى النقيض، فخصخصت المراعي، وأعادت تمليك الأبقار مرة أخرى للأُسَر والعائلات، آملة أن يدفع ذلك سكان التبت إلى إدارة أراضيهم على نحو أفضل؛ ومن ثم زيادة الإنتاج.

ورغم الخصخصة، استمر البدو يتقاسمون المراعي، غالبًا في مجموعات يقودها شيوخ القرى. ومن هنا بدأت الحكومة في تقييد عدد رؤوس الماشية المسموح بها، وبَنَتْ أسوارًا للفصل بين الملكيات والقرى، مما أدَّى ـ حسب قول يانج شاوشونج، مدير مكتب إدارة أراضي المراعي في مقاطعة خنان ـ إلى «تغيير شامل في الطريقة التقليدية لرعي الماشية، مما حوَّل نمط حياة التبت من الترحال إلى الاستقرار».

لسياسة التسوير مزايا، إذا استُخدمت باعتدال، كما يقول يونتن نيما، الباحث في سياسات التبت في جامعة سيتشوان في تشنجدو، إذ ساعدت في تقنين مستوى الرعي، وترشيده في المناطق كثيفة السكان مع زيادة أعداد البدو الذين يقيمون في مكان واحد.. لفترات محددة من العام على الأقل. ويضيف قائلًا: «كان للأسوار دور فعّال في إبعاد الحيوانات عن أجزاء من المروج الخضراء». يقول الرعاة أيضًا إن التسوير جعل حياتهم أسهل بكثير، إذ لا يضطرون إلى قضاء النهار بطوله يجوبون التلال لرعاية أغنامهم وأبقارهم، ولا يقلقون مجددًا من شرود الحيوانات بعد السير لبضعة أيام.

وهذه المزايا لها تكلفتها أيضًا، كما يقول تشاو جيانجن ـ عالِم البيئة في جامعة نورثويست نورمال في لانتشو ـ فالمراعي المُسَوَّرة سرعان ما تتآكل في سنوات قليلة. وقد أجرى وزملاؤه في عام 2013 دراسة، قارنوا فيها بين نمو عشب «السعادي» sedge ـ الذي تفضِّله الماشية في المراعي المُغلقة ـ وبين نموه في مساحات المراعي الواسعة، التي تشترك في إدارتها عائلات، يصل عددها إلى 30 عائلة. ورغم تشابه كثافة الماشية في الحالتين، كانت عشبة السعادي تنمو بسرعة مضاعفة في أراضي المراعي الكبيرة، حيث كان بإمكان الحيوانات أن تتجول هنا وهناك، وكانت النباتات المستهلكة تجد فرصة أكبر للنمو من جديد[1]. وتنطق هذه النتيجة بلسان حال الرعاة في مقاطعة خنان، الذين يقولون إن أراضيهم أصبحت توفِّر غذاءً لم يعد يكفي سوى لأعداد قليلة من الماشية، مقارنة بذي قبل.

مخاوف بشأن المياه

بدا مستقبل المراعي أكثر قتامة، عندما غادرنا مقاطعة خنان ميسورة الحال نسبيًّا، واتجهنا نحو الأراضي العالية القاحلة إلى الغرب. وبعد 700 كيلومتر، وصلنا إلى مقاطعة مادوي، المعروفة باسم «شيانهو شيان» *qianhu xian*؛ أي مقاطعة الألف بحيرة، حيث منابع النهر الأصفر. ورغم أن مقاطعة مادوي تحظى بسقوط 328 ملِّيمترًا من المطر في المتوسط كل عام، أي ما يعادل حوالي نصف كمية الأمطار التي تهطل على مقاطعة خنان، فإنها كانت فيما مضى واحدة من أغنى المقاطعات في الهضبة، وتشتهر بالسمك، والماشية عالية الجودة، ومناجم الذهب.

أما الآن، فقد بدأت الأراضي الرطبة تجف، وبدأت الكثبان الرملية تزحف على المراعي، ما يعني انخفاض كمية المياه التي تغذي النهر الأصفر. وأفضت هذه التغيرات في الهضبة إلى شح المياه في مجرى النهر الأصفر، حتى أصبح يجفّ غالبًا قبل وصوله إلى البحر، وهو ما لم يُسَجَّل قطّ قبل عام 1970.

«لَمْ تسترشد هذه السياسات بالعلم، ولم تأخذ التغيرات المناخية والإقليمية في الاعتبار».

في عام 2000، سعت الصين إلى حماية هذه المنطقة، والمناطق المجاورة لها، التي ينبع منها نهرا يانجتسي، وميكونج بإنشاء محمية سانجيانجيوان (أو منابع الأنهار الثلاثة) الوطنية الطبيعية، التي تبلغ مساحتها ما يعادل ثلثي مساحة المملكة المتحدة. يقع حوالي عُشْر مساحة المحمية في قلب المناطق المتضررة، التي تُحظر فيها كل الأنشطة، بما فيها الرعوية. وتنفِق الحكومة مئات الملايين من الدولارات كل عام على نقل البدو من هذه المناطق، وإنشاء الشبكات الفولاذية؛ لتثبيت المنحدرات، وغرس أصناف العشب المزروعة صناعيًّا؛ من أجل استعادة الأراضي المتآكلة. وحظر المسؤولون رعي الماشية في «المراعي شديدة التآكل» خارج هذه المناطق المتضررة، حيث يكسو الغطاء النباتي عادةً أقل من 25% من الأرض، أما الأرض متوسطة التآكل، حيث تغطي النباتات في المتوسط ما بين 25 و50%، فيُسمح فيها بالرعي في نصف شهور العام فقط.

مثل هذه السياسات ـ فضلًا عن المبادرات المرتبطة بها؛ للحد من أعداد الماشية، وتسوير المراعي ـ لم تكن هيِّنة على المزارعين، حسب قول كوو هونجباو، مدير مكتب تربية المواشي في مقاطعة ناجتشو جنوب هضبة التبت، فقد «تحمَّل البدو والرعاة تضحيات كبيرة من أجل حماية المراعي»، لكنه يؤكد أن هذه الاستراتيجيات



قد آتت ثمارها، مشيرًا هو ومسؤولون آخرون إلى أن صور الأقمار الصناعية كشفت عن زيادة في الغطاء النباتي للهضبة خلال العقود الثلاثة الماضية[2]. وربما تأتي هذه الزيادة نتيجة لعاملين، هما ترشيد الرعي، والتغير المناخي، وقد تَسَبَّب ذلك بدوره ـ حسب تعبير بياو شيلونج، خبير نمذجة المناخ في جامعة بكين ـ في «التأثير على المناخ إيجابيًّا إلى حدٍّ مدهش، والمساعدة في خفض الاحترار السطحي».

يقول علماء البيئة إن مثل هذه القياسات تدرس فقط الكتلة الحيوية السطحية، ولا تُعَدُّ مؤشرًا قويًّا على صلاحية المراعي، إذ يقول وانج: «ليست كل أنواع النباتات متماثلة، والأقمار الصناعية لا يمكنها رؤية ما يحدث تحت سطح الأرض».

وخير مثال على ذلك.. نبات السعادي، الذي يهيمن على معظم مراعي التبت، ويُعتبر الغذاء المفضل للماشية. فهذا النبات ـ المصنَّف تحت جنس Kobresia ـ ينمو بطول سنتيمترين فقط فوق السطح، ويمتاز بحصيرة كثيفة وممتدة من الجذور، تشكِّل 80% من الكتلة الحيوية الإجمالية.

وقد بيَّنت الدراسات التي أُجريت على حبوب اللقاح في رواسب البحيرات أن Kobresia وغيرها من نباتات السعادي السائدة في مراعي التبت قد ظهرت قبل 8,000 عام، عندما بدأ السكان الأوائل يحرقون الغابات؛ لتحويلها إلى مراعٍ عشبية لماشيتهم[3]. وساعد الرعي في عصور ما قبل التاريخ على تكوين حصيرة سميكة من الجذور، تغطي الهضبة الواسعة، وتخزِّن نحو 18.1 مليار طن من الكربون العضوي.

وبدأت أنواع أخرى من النباتات تطرد حشائش *Kobresia*؛ ما ينذر بخطر تحرير الكربون الحبيس، ويهدد بتفاقم الاحترار العالمي. ومن حين إلى آخر أثناء الرحلة إلى مدينة لاسا، كنا نجتاز حقولًا مزدانة بالأزهار الجميلة *Stellera chamaejasme* التي تمتاز بألوانها الحمراء والبيضاء، وتُعرف أيضًا باسم «سم الذئب». يقول زاو باويو، عالِم البيئة في جامعة نورثويست للزراعة والغابات في يانجلينج: «إنها واحدة من النباتات السامة الوبائية التي تفشَّت في المراعي الصينية». ويقدِّر زاو ورفاقه مساحة انتشار هذه الأعشاب السامة بأكثر من 160 ألف كيلومتر مربع من مراعي التبت، متسببةً في نفوق عشرات الآلاف من الماشية سنويًّا[4].

يقول الرعاة إنهم يشهدون أنواعًا جديدة من النباتات والحشائش لم يعهدوها من قبل. ورغم أن أغلبها ليس سامًّا، كما يقول كارما فونتشو، المتخصص في إدارة الموارد الطبيعية بالمركز الدولي للتنمية الجبلية المتكاملة، لكنها ليست مسمنة للماشية، مثل حشائش *Kobresia*. ويُردف قائلًا: «قد يظن غير العارفين ببواطن الأمور أن هناك مناطق خصبة بالهضبة، لكن الأمر أشبه بـ«التصحر الأخضر» الذي لا يسمن، ولا يغني من جوع».

وفي دراسة غير منشورة عن شمالي هضبة التبت، وجد الباحثون أن حشائش *Kobresia* التي لم ترعَ فيها الماشية لأكثر من 10 سنوات قد تراجعت أمام الحشائش السامة، والعشب الطويل الذي لا تستسيغه الماشية، وقد تهاوت نسبة نباتات السعادي من 40% إلى 1%. وتعلِّق إلكه سِيبر ـ باحثة الدكتوراة في متحف سينكينبيرج للتاريخ الطبيعي في مدينة جورليتس بألمانيا، التي أجرت تجربة ميدانية ضمن مشروع مدعوم من المؤسسة الألمانية للبحوث ـ بقولها: «ليس أمام حشائش *Kobresia* أي فرصة في النجاة، ما لم تأكلها الماشية».

«إن تطبيق سياسة موحدة للرعي، بغضّ النظر عن التنوع الجغرافي، ما هو في الحقيقة إلا وصفة لكارثة محققة».

هذه التغيرات في تكوين الغطاء النباتي لها تداعياتها الخطيرة على تخزين الكربون على المدى البعيد، كما يقول جيورج جوجينبرجر، عالِم التربة في جامعة لايبنتز في هانوفر بألمانيا، وعضو بفريق المشروع الميداني. ففي مراعي *Kobresia* ـ التي تحظى برعي معتدل ـ ينتقل ما يصل إلى 60% من الكربون المستهلَك في عملية التمثيل الضوئي إلى الجذور والتربة، بدلًا من أجزاء النبات البارزة فوق الأرض، وهي ثلاثة أضعاف كمية الكربون في الأراضي غير المرعِيّ فيها5. وهذا الكربون العضوي المخزَّن تحت الأرض أكثر استقرارًا من ذلك الموجود في الكتلة الحيوية السطحية، الذي يتحلل عادة خلال بضع سنين، منبعثًا في الهواء. ولهذا.. فإن انحسار حشائش السعادي من فصيلة *Kobresia* أمام الحشائش الطويلة على الهضبة سيؤدي في النهاية ـ كما يقول جوجينبرجر ـ إلى تحرير خزان الكربون، الذي طالما ظلَّ مدفونًا لآلاف السنين.

يقول معارضو القيود على الرعي في التبت إن الحكومة طبَّقت هذه القيود عشوائيًّا، دون أي دراسة سليمة، ودون أخْذ النتائج العلمية في الاعتبار. في بعض الحالات، كانت هذه القيود منطقية، كما يقول تسيتشوا دورجي، عالِم البيئة في فرع معهد أبحاث هضبة التبت في لاسا، الذي نشأ في أسرة رعوية في غرب التبت. ويضيف قائلًا: «هناك أسباب وجيهة للغاية، تبرِّر الحظر الشامل للرعي في المناطق المتضررة بشدة»، ولكنه يعترض على النظام البسيط الذي استخدمته الحكومة في تصنيف صلاحية الحشائش في مناطق الرعي، فهذا النظام لا يأخذ في الاعتبار سوى كثافة الغطاء النباتي، ويَستخدِم الحد الأدنى نفسه لكل المناطق، دون تعديله وفقًا للارتفاع، أو مستويات الرطوبة الطبيعية. ويقول دورجي: «على سبيل المثال.. قد تكون المراعي التي يكسو الغطاء النباتي 20% منها شديدة التضرر في مكان ما، لكنها طبيعية تمامًا في مكان آخر». وهذا يعني أن بعض المراعي المصنفة باعتبارها منطقة شديدة التضرر هي في الحقيقة جيدة، وكل ما فعله حظر الرعي هو أنه أفسد توازن النظام البيئي. ويضيف دورجي: «إن تطبيق سياسة موحدة للرعي، بغضّ النظر عن التنوع الجغرافي، ما هو في الحقيقة إلا وصفة لكارثة محققة».

نظرة إلى المستقبَل

يقول الباحثون إن سياسة الرعي التي تطبِّقها الصين هي أحد عوامل عديدة مسؤولة عن هذه التغيرات الكارثية. فكل من التلوث والاحتباس الحراري ومشروعات مدّ الطرق وغيرها من مشروعات البنية التحتية، كان له تأثير شديد الوطأة على المراعي.

مرت عشرة أيام منذ غادرنا مدينة شينينج. وعندما وصلنا إلى بحيرة «نامتسو» الجليدية الضخمة، الواقعة جنوبي الهضبة، لاحت لنا ومضة من مستقبل التبت. فهنا يقوم دورجي ـ بصحبة كيلي هوبينج، خريجة جامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز ـ بدراسة للتنبؤ بالمستقبل، من خلال إحاطة مناطق صغيرة من المراعي بغُرَف بلاستيكية مكشوفة من أعلاها؛ لرفع درجة الحرارة صناعيًّا. وتُعَدّ مثل هذه التجارب مهمة، بسبب تأثر هضبة التبت بالتغير المناخي، إذ يرتفع متوسط درجة الحرارة فيها بمعدل 0.3-0.4 درجة مئوية كل عشر سنوات، منذ الستينات، وهو ضعف المتوسط العالمي. وخلال التجارب التي أجرياها في السنوات الست الماضية، اكتشفا أن عشبة *Kobresia pygmaea* ـ وهي العشبة السائدة من نبات السعادي ـ بدأت تُنبِت أزهارًا تفتحت لاحقًا في ظروف الاحتباس الحراري6. ومثل هذه التغيرات ـ كما يقول دورجي ـ قد «تضعِف قدرة النبات على التكاثر، وتهدد بقاءه على المدى الطويل».

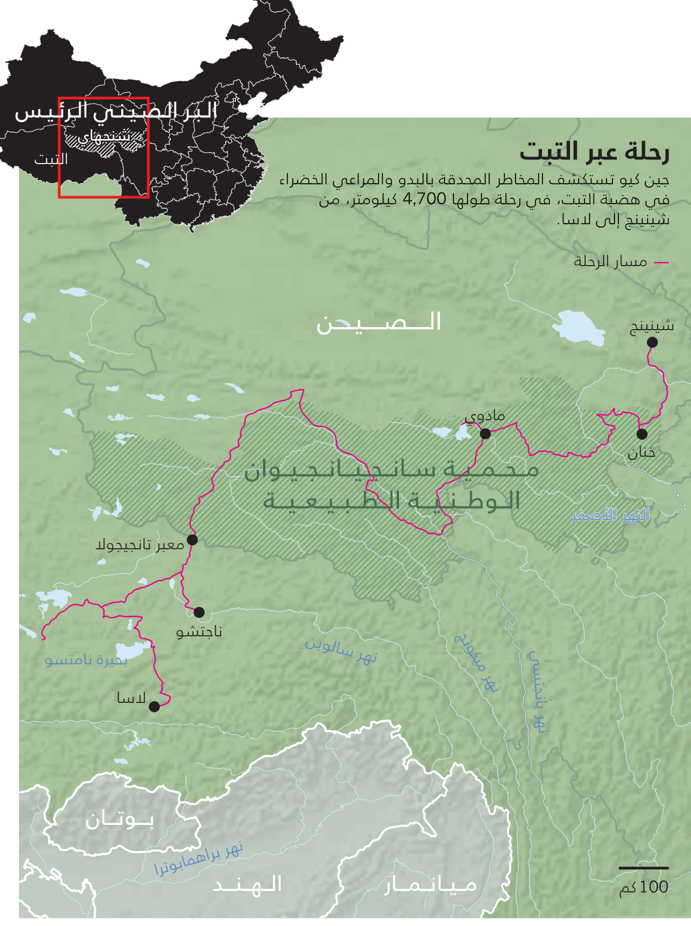
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



المراعي الخضراء تتراجع أمام الكثبان الرملية بالقرب من منابع النهر الأصفر.

JONAS BENDIKSEN/MAGNUM





تقول هوبينج إن المراعي التي تم رفع حرارتها صناعيًّا في موقع التجربة، اجتاحتها الشجيرات والأشنات، والحشائش السامة، والنباتات غير الصالحة للماشية، ولكن عندما أضاف الباحثان الجليد إلى بعض المناطق الدافئة؛ صمدت *Kobresia* أمام النباتات الأخرى، مما يعني أن تناقص رطوبة التربة ربما يكون العامل الذي يؤدي إلى التحول في أنواع وفصائل النباتات. فارتفاع درجة الحرارة يفضي إلى زيادة معدلات التبخر، خاصةً في المرتفعات. تقول هوبينج: «هذه النتائج ليست مبشِّرة بالنسبة إلى النباتات ذات الجذور القصيرة»، مثل نبات *Kobresia* الذي تفضِّله الماشية.

ويشير بياو إلى أن «علاقة التأثير والتأثر المتبادلة بين درجة الحرارة وهَطْل الأمطار توضح مدى تعقيد آثار التغير المناخي على النظم البيئية»، لكن المعلومات المتاحة لدى الباحثين في هذه النقطة شحيحة، لا تكفي ـ حسب قوله ـ لبناء نماذج يمكنها التنبؤ بمدى تأثير الاحتباس الحراري على المراعي. ولسدّ هذه الفجوة، بدأ وانج وزملاؤه في عام 2013 تجربة، مدتها 10 سنوات في مقاطعة ناجتشو، حيث يستخدمون مصابيح حرارية لتسخين مناطق معينة من المراعي بمقادير محددة، تتراوح ما بين 0.5 درجة إلى 4 درجات، كما يلاحظون أيضًا كميات المطر المتساقطة، ويقيسون عدة عوامل، مثل نمو النباتات، وتكوين الغطاء النباتي، وتدوير العناصر المغذية، والكربون المخزَّن في التربة. ويأملون ـ كما يقول بياو ـ في تحسين التوقعات حول التغيرات التي ستطرأ على المراعي، وتحديد ما إذا كانت هناك نقطة تحوُّل ستفضي إلى انهيار حتمي في النظام البيئي، أم لا.

مصير الهضبة

بعد أسبوعين من السفر، وصلنا أخيرًا إلى أطراف لاسا. كان الرعاة يجمعون ماشيتهم في نهاية اليوم تحت الظلال التي ألقتها الجبال المغطاة بالجليد. ويرى نيما أن أوقاتًا عصيبة في انتظار هؤلاء الرعاة وغيرهم في سائر أنحاء التبت خلال العقود المقبلة. فالتغير المناخي لم يكن في الحسبان عندما طبقت السياسات الحكومية بشأن المراعي قبل عشر سنوات، ولهذا.. فإن هؤلاء الرعاة ـ على حد قوله ـ «غير متأهبين للتغيرات البيئية». ويضيف: «ثمة حاجة ملحة إلى وضع ذلك في الاعتبار، وتحديد استراتيجيات فعّالة للتكيف مع التغيرات».

يحتاج الباحثون ـ كبداية ـ إلى إجراء مسح شامل للغطاء النباتي ومكوناته في المواقع الرئيسة عبر مختلف النظم المناخية. يقول وانج: «ستشكل هذه المعلومات المؤشر الذي يمكن أن تُقاس على أساسه أيّ تغيرات مستقبلية». ويؤيد العديد من العلماء تعديل سياسات حظر الرعي وتسوير المراعي. وينبغي على حكومة بكين ـ حسبما يقول دورجي ـ أن تتخلى عن التبسيط المُخِلّ القائم على «سياسة واحدة تلائم الجميع»، وأن تعيد تقييم ما إذا كانت كل منطقة في الهضبة (على حدة) متدهورة إلى الحد الذي يستلزم فرض حظر الرعي فيها، أم لا، مضيفًا: «ما لم تتدهور المراعي بشدة، سيسهم الرعي المعتدل في استعادة توازن النظم البيئية».

إنّ العلماء لا يُعوِّلون على سرعة حدوث هذه الإصلاحات، إذ لم تصدر السياسات المطبقة في التبت ـ حسب قول باحث مقيم في لاسا، طلب عدم ذكر اسمه، لاعتبارات سياسية ـ على أساس علمي، بل من رغبة بيروقراطية في الحصول على السلطة والمال. فالموظفون الحكوميون في التبت غالبًا ما يضغطون على بكين؛ للدخول في استثمارات كبيرة ومشروعات مكلفة، باسم *weiwen*، التي تعني بالصينية «الحفاظ على الاستقرار». ويقول الباحث إن أكثر ما يهم الحكومة الصينية ـ التي تخشى من تصاعد مقاومة سكان التبت للسيطرة الصينية على الهضبة ـ هو الحفاظ على الاستقرار السياسي. ولا يتطلب ذلك من المسؤولين الحكوميين الاستعانة بالعلم والعلماء. وحسب قوله، «يتم تمرير أي شيء، ما دام يخدم الاستقرار»، لكن المسؤولين ـ مثل كوو ـ يقولون إن سياساتهم تهدف إلى ما فيه صالح التبت. ويردف قائلًا: «رغم أن هناك مجالًا لتحسين بعض السياسات، إلا أن أهدافنا الأساسية هي تعزيز التنمية الاقتصادية، وحماية البيئة».

وبعيدًا عن لاسا، يؤكد الرعاة من أمثال دودرا أنهم لا يلمسون أي مزايا للسياسات الحكومية. وبعد أن أنهينا زيارتنا إلى منزله، صحبتنا عائلة دودرا بأكملها نحو الفِناء، حيث كانت حماتُه تدير عجلة الصلاة، وأطفاله يلهون ويمرحون. توقَّف تَساقُط الثلوج، وأشرقت صفحة السماء بزرقة صافية. قال دودرا وهو يدور بعينيه القلقتين في أنحاء مرعاه: «لقد رعتنا هذه الأرض لأجيال عديدة. أما الآن، فالأحوال تتداعى مِن حولنا، لكننا نقف عاجزين.. ليس لنا من الأمر شيء لنحمي أرضنا ومستقبلنا». ■

جين كيو كاتبة حُرَّة تعيش في بكين. ورحلتها عبر هضبة التبت تمت بمنحة الصحافة العلمية الاستقصائية من مؤسسة «SciDev.Net» مخصصة للدول النامية.

1. Cao, J., Yeh, E. T., Holden, N. M., Yang, Y. & Du, G. *J. Arid Environ.* **97,** 3–8 (2013).
2. Shen, M. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 9299–9304 (2015).
3. Miehe, G. *et al. Quat. Sci. Rev.* **86,** 190–209 (2014).
4. Lu, H., Wang, S. S., Zhou, Q. W., Zhao, Y. N. & Zhao, B. Y. *Rangeland J.* **34,** 329–339 (2012).
5. Hafner, S. *et al. Glob. Chang. Biol.* **18,** 528–538 (2012).
6. Dorji, T. *et al. Glob. Chang. Biol.* **19,** 459–472 (2013).



DAVID GUTTENFELDER/AP/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

الشِّبَاك الضبابية معلَّقة في مسار طيران الطيور؛ للإيقاع بها.

مذبحة الطيور المغردة

تُعتبر الطيور المغرِّدة من الأطباق المحبَّبة في قبرص، لكن اصطيادها وتناوُلها يُعَدّ مخالفًا للقانون. ورغم ذلك.. ما زالت وتيرة الصيد مستمرة في التصاعد، وهو ما قد يشكل خطر فقدان الأنواع النادرة.

شاوني باتاشاريا

لم أَكُنْ مدركةً لخطورة الوضع، قبل أن أرى نَصْل السكين يومض في أشعة الشمس. على طول الطريق، ظل رجل فظّ يرتدي زيًّا عسكريًّا يرطن باليونانية في عدوانية، وكانت يداه المعقودتان وراء ظهره تفتحان وتطويان نصل السكين في مقبضها الخشبي. عمل هذا الرجل صيادًا، أو بلفظ أَدَقّ.. صياد طيور غير قانوني، وكان من الواضح أنه غير مُرَحِّب بأي صحبة. ولذا.. فقد تساءل: «ماذا تفعلون هنا؟».

جئنا أنا وزملائي إلى هذه الأحراش الجافة في جزيرة قبرص المتوسطية، بحثًا عن أدلّة على صيد الطيور المغردة. فهذه الطيور يتم اصطيادها بطريقة غير مشروعة، وتقدَّم كطعام في شكل طبق تقليدي يُسمى طيور الكروم *ambelopoulia*. وكنت حينها ضِمن رحلة انطلقت في سبتمبر الماضي؛ للوقوف على مدى انتشار ممارَسات الصيد. كان برفقتي روجر ليتل، وهو متطوع بريطاني من دعاة الحفاظ على البيئة، وسافاس، وهو ضابط ميداني مع جماعة معنيّة بالحفاظ على حياة الطيور، تُسمى «بيردلايف سايبرس»، وقد تم تغيير اسمه؛ لحماية هويته. لم نكن نتوقع أن نواجه صيادين في هذه البقعة في المنطقة التي تقع إلى الجنوب الشرقي من كيب بايلا؛ فهم في العادة يعملون ليلًا، عندما تكون الطيور نشطة، ولكن يبدو أنهم بدأوا مؤخرًا في القيام بدوريات في الموقع نهارًا. تابَعَ الصياد قائلًا باليونانية: «أنتم في أرضي».

قال سافاس: «إذا كانت هذه الأرض من ممتلكاتك الخاصة، فأنا أعتذر.. لم نكن نعرف ذلك، وسنغادرها الآن». تصرَّفنا بشكل طبيعي عندما رافقنا الرجل في طريق عودتنا إلى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

SOURCE: BIRDLIFE CYPRUS

سيارة الدفع الرباعي التي أتينا بها، وتمتم قائلًا: «لا يجدر بي حقًّا السماح لكم بالمغادرة». وبعد لحظات، كنا نقود السيارة مبتعدين.

تَحَوَّل اصطياد الطيور في قبرص إلى جدل ينطوي على عدة نَوَاحٍ من الجريمة، والتقاليد، والسياسة، والعلوم. وقد اعتُبرت ممارسته غير قانونية منذ أكثر من 40 سنة، ولكن هذا دفع الصيادين إلى الاصطياد في سِرِّيَّة. واليوم، يقطع الصيادون بشكل روتيني ممرات واسعة في الغطاء النباتي، ويعلِّقون «شِبَاكًا ضبابية» دقيقة من أقطاب؛ لاصطياد الطيور، ثم يتم إرسالها إلى المطاعم المحلية، حيث تُقَدَّم. ويتراوح ثمن الطبق الذي يحتوي على اثني عشر طيرًا ما بين 40 – 80 يورو (44 - 87 دولارًا أمريكيًّا). وتُعتبر تجارة الطيور المغردة هي المسؤولة عن سوق سنوية تُقَدَّر بـ15 مليون يورو. وهذا الطبق باهظ الثمن ومربح جدًّا، ويُشتبَه في كونه على صلة بالجريمة المنظَّمة، وقد تَعَرَّض الذين يحاولون إيقافه للتهديد والعنف. وتوضِّح منظمات الحفاظ على البيئة أن معدل الصيد آخِذ في الازدياد، وأنه يهدد أنواعًا نادرة من الطيور التي تتوقف في قبرص أثناء هجرتها. وفي مارس الماضي، أشار تقرير من منظمة «بيردلايف سايبرس» إلى قَتْل حوالي مليوني طائر في الخريف الماضي، وتَضَمَّن هذا العدد 78 نوعًا مهدَّدًا بالانقراض. وتزعم المجموعة أن الصيد ـ مضافًا إلى التهديدات الناجمة عن تغيُّر المناخ، وفقدان الموائل والأنواع الغازية ـ يمكنه إحداث ضرر، لا يمكن إصلاحه في حالة بعض الطيور. يقول كليري بابازوجلو، المدير التنفيذي لمنظمة «بيردلايف سايبرس»، الواقعة بالقرب من نيقوسيا: «لا يمكن تبرير قتل الطيور غير القانوني. إنه بمثابة آخِر ركلة إلى الهاوية بالنسبة إلى بعض الأنواع».

إنّ الصورة ليست بهذا الوضوح، ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أن مدى انتشار قتل الطيور مثار جدل، وأن تأثيره على أسراب الطيور غير واضح. فقد طالت الانتقاداتُ الأساليبَ التي تستخدمها منظمة «بيردلايف سايبرس» في تقدير أعداد الطيور التي يتم اصطيادها في الجزيرة. وقد أدَّى الجدل إلى عَقْد ورشة عمل في يوليو الماضي؛ لمناقشة الجوانب العلمية للأمر، بمشاركة ممثلين من جميع الوكالات المعنية.

تقول أليسون جونستون التي حضرت ورشة العمل ـ وهي مختصة بالإحصاء البيئي في معهد الأمانة البريطانية لعلم الطيور «BTO»، وهو معهد أبحاث خيري في ثيتفورد ـ إن المعروف عن أحجام الأسراب ومسارات الطيور المهاجرة في منطقة البحر الأبيض المتوسط قليل جدًّا، بحيث يصعب إجراء تقييم كامل لآثار الصيد، وأضافت: «لو كانت لدينا معرفة أفضل بالأعداد، لَكُنّا قد قَرَّرنا ما إذا كانت الطيور تعاني من خطر الاصطياد، أم لا».

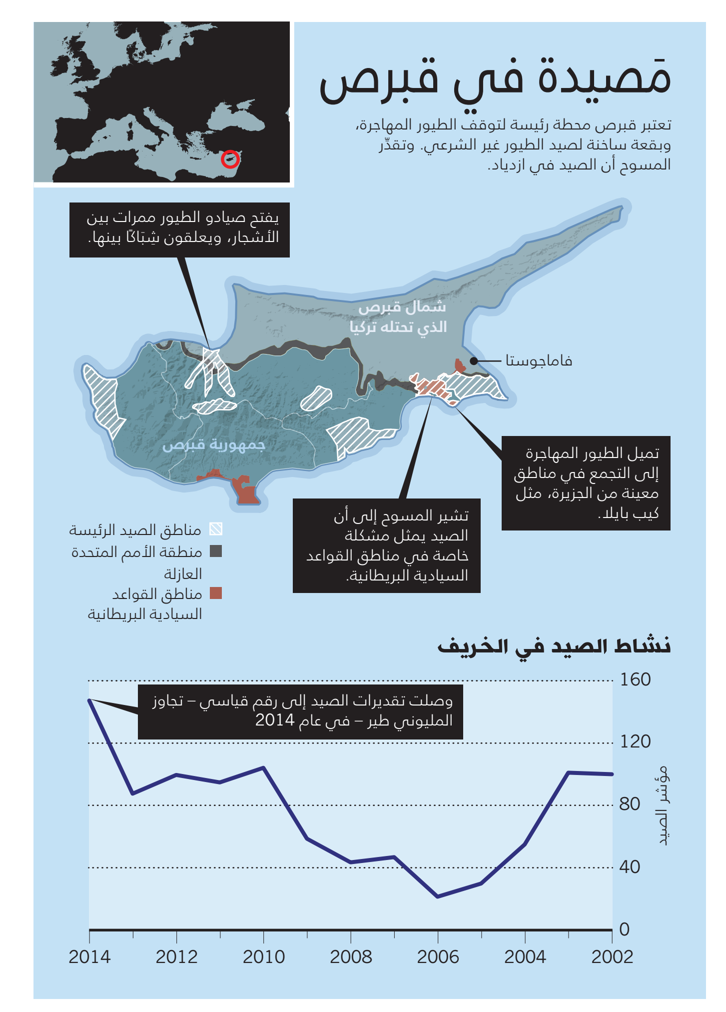
قد تكون للجدل الدائر حول الطيور المغردة في قبرص انعكاسات على نطاق أوسع، لأن قَتْل الطيور منتشر في أجزاء أخرى من العالم. وقَدَّر تقرير صدر في عام 2015 من «منظمة حياة الطيور الدولية» أن الصيادين يقتلون نحو 25 مليون طائر سنويًّا في منطقة البحر المتوسط بمجملها؛ وتبرز قبرص على رأس القائمة، لأنها بلد صغير تُقتَل به أعداد كبيرة. وعلى الصعيد العالمي، يُعتقد أن أكثر من نصف تعداد الطيور المهاجرة في العالم آخِذ في التراجع. و«هذا الأمر لا يختص فقط بقبرص، أو أفريقيا، أو أوروبا»، وفقًا لقول كلير رونج، المختصة بعلم الحفاظ على البيئة في جامعة كوينزلاند في بريسبين، أستراليا، التي قادت دراسة نُشرت في ديسمبر الماضي، أظهرت أن 9% فقط من الطيور المهاجرة في جميع أنحاء العالم تحظى بحماية كافية في مجالها1. وتقول رونج: «إن البلاد بحاجة إلى العمل معًا؛ لإيجاد حل لما هو نزاع ـ في جوهره ـ بين البشر والحياة البرية».

تُبْدِي بابازوجلو قلقًا من أن يشكِّل ما يحدث في قبرص سابقة خطيرة. «هذا المستوى المتفشي من عدم الشرعية في إحدى دول الاتحاد الأوروبي يرسل رسالة مروعة إلى بقية دول العالم. فإذا كانت البلدان الغنية المستقرة ذات الإدارة الجيدة لا يمكنها فرض قانون الحياة البرية، فما هو الأمل المنتظَر من البلدان الهشة في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا لتطبيقه؟»

بوابة للقارّات

تُعتبر قبرص ـ من خلال موقعها في الزاوية الجنوبية الشرقية من البحر الأبيض المتوسط ـ بوابة لثلاث قارات، وكانت محل نزاع لآلاف السنين (انظر: «مصيدة في قبرص»). وهي حاليًّا مقسَّمة إلى أربع ولايات قضائية: جمهورية قبرص، والمنطقة التي تحتلها تركيا في شمال قبرص، تفصل بينهما منطقة عازلة بإشراف الأمم المتحدة، وجيبين صغيرين يُعتبران قاعدتين سياديّتين بريطانيتين «SBAS»، احتفظت بهما المملكة المتحدة، بعد أن حصلت الجزيرة على استقلالها في عام 1960، بسبب أهميتها العسكرية الاستراتيجية. و(تَستخدِم بريطانيا حاليًّا واحدة من هذه المناطق لشن غارات جوية على سوريا).

كما أن موقع قبرص مثالي للطيور، حيث تستريح فيها أثناء هجرتها. ويُعتقد أن ما يقرب من نصف أنواع الطيور من أوروبا وشمال أفريقيا والشرق الأوسط تَستخدم الجزيرة كنقطة تجمُّع للهجرة عند طيرانها جنوبًا في الخريف، ومرة أخرى عند العودة في الربيع. وتشمل هذه الطيور طيورًا شائعة، مثل الدوري، وأبي الحناء الأوروبي (*Erithacus rubecula*)، إضافة إلى الأنواع المهدَّدة بالانقراض، ومنها بومة الحظيرة (البومة البيضاء *Tyto Alba*)، وصياد السمك الأخضر (*Alcedo atthis*) ، وحمامة السلحفاة الأوروبية (*Streptopelia turtur*).



وقد أمكن العثور على جميع هذه المخلوقات في شِبَاك الصيادين، كما عُثر على بعض الأنواع المهددة بالانقراض من الطيور المحلية غير المهاجرة، مثل المغرد أسود الصدر (*Sylvia melanothorax*)، والأبلق القبرصي (*Oenanthe cypriaca*). ويعود تاريخ ممارسة الصيد إلى الوقت الذي كانت الطيور من ضمن مصادر البروتينات القليلة، التي يسهل العثور عليها في هذه الجزيرة القاحلة. وفي الأصل، كان يتم إعداد طبق طيور الكروم من طير أبو قلنسوة (*Sylvia atricapilla*)، ولكنه اتسع ليشمل 22 نوعًا من الطيور المغردة. تنطوي طريقة الصيد التقليدية على الإيقاع بالطيور في شراك منصوبة على أشجار تحتوي على قضبان دبقة في مواقع استراتيجية، وهي أغصان مغلَّفة في مادة طينية لزجة، ممزوجة بعصير البرقوق السوري.

وفي عام 1974، اعتمدت قوانين لحظر أساليب الصيد غير الانتقائية، ومن ضمنها القضبان الدبقة، والشِّبَاك الضبابية. كما أن صيد الطيور يُعتبر غير قانوني في إطار توجيهات الاتحاد الأوروبي المتعلقة بالطيور، ومعاهدة الحفاظ على الحياة البرية والموائل الطبيعية الأوروبية (المعروفة باسم اتفاقية برن)، واللتين اعتمدتهما قبرص، لكن لم تتوقف ممارسة الصيد على الإطلاق. ويرى عديد من القبارصة أن اصطياد الطيور من أجل طبق طيور الكروم هو تقليد وحقّ، بل أمر بالغ الحساسية. وفي منطقة فاماجوستا، أثارت الحملات على المطاعم والاعتقالات ذات الصلة باصطياد الطيور احتجاجات شعبية، لاقت دعمًا سرِّيًّا وعلنيًّا من بعض السياسيين. وفي ديسمبر الماضي، عمد إفينيوس همبولاس ـ نائب فاماجوستا في البرلمان عن حزب التجمع الديمقراطي الحالي ـ إلى نشر صورة له على صفحته الشخصية بموقع «فيسبوك»، وهو جالس أمام طبق من الطيور المغردة، وذَيَّلَها بتعليق: «قريبًا في مطاعمنا! ..إجازات سعيدة!» وقد حصلت على ما يقرب من 600 إشادة خلال 5 أيام، وإدانة واحدة من حزبه. وتعتقد جماعات حماية البيئة أن معدل اصطياد الطيور يرتفع بسرعة. وذكر تقرير منظمة «بيردلايف سايبرس» في العام الماضي أن هذه الممارسة بلغت «مقياسًا بالغ الارتفاع»، حيث قطع الصيادون شجيرات الخمائل الأصلية في الجزيرة، ثم زرعوا ورووا أشجار السنط «الأكاسيا» الوارفة مشرقة الخضرة الجاذبة للطيور، كما فتحوا ممرات عبر الحقول، وعلَّقوا الشِّبَاك الضبابية على امتدادها بين الأعمدة الخشبية.

وعندما توقفت برفقة سافاس وروجر عند نقطة اصطياد ساخنة معروفة، كانت الأدلة في كل مكان؛ الأعمدة المعدنية مثبتة بالأسمنت إلى قواعد مصنوعة من الإطارات الفارغة؛

الحمض النووي يحدد أنواع الطيور المطهوة

تحولت تقنية معتمِدة على الحمض النووي - كانت تُستخدم في تحديد منشأ المواد الغذائية - إلى أحدث أداة لمكافحة الجريمة؛ من أجل التصدي لقتل الطيور غير المشروع في قبرص. هذا.. ويتم تقديم نحو 22 نوعًا من الطيور بشكل غير قانوني في المطاعم القبرصية على شكل طبق تقليدي، اسمه طيور الكروم (في الصورة). والأمل هو أن يتمكن الترميز الرقمي للحمض النووي - أسلوب يَستخدِم تسلسلات الحمض النووي؛ لتحديد الأنواع - من إظهار ما إذا كان صاحب المطعم يمرِّر طيورًا تم اصطيادها بشكل غير قانوني - كالدجاج، أو اللحوم الأخرى - أثناء مداهمة مطعمه، أم لا. وقد يساعد الحصول على دليل يشير إلى أن الطيور المقدَّمة للأكل من الأنواع المحمية على بناء قضية أقوى لمقاضاة منتهكي القانون.

هذا المشروع هو بمثابة تعاون لمدة ثلاث سنوات بين باحثين في جامعة بيزا، إيطاليا، وجامعة قبرص، نيقوسيا، إضافة إلى قسم تعقُّب مُطَارِدي الطيور والحيوانات البرية، التابع لوزارة الداخلية في قبرص، ومنظمة «بيردلايف ساينس»، المعنية بالحفاظ على البيئة. وحتى الآن، أظهر عمل الفريق - الذي لم يُنشر - أن تسلسلات من جزء من جين واحد (لأوكسيديز السيتوكروم سي) تكفي لتمييز 81 نوعًا من الطيور. وقد نجح هذا حتى عند استخراج الحمض النووي من اللحوم المشوية في حرارة قدرها 90 درجة مئوية، ومطهوة مع الملح أو الخل. وهي طريقة تتناسب مع فن الطهو المحلي، ولكنها قد تسبب تدهور الحمض النووي. لقد كان مُعَدًّا بطريقة معينة، لكي نكون على يقين من فعالية تقصّي الحمض النووي»، حسب قول فيليبو باربنيرا، المتخصص في علم الحيوان في جامعة بيزا.

وقد ساعد فريق جامعة بيزا في إنشاء مختبر الوراثة الجزيئية في جامعة قبرص؛ لإجراء تحليل الحمض النووي. كما قام بتدريب اثنين من مسؤولي قسم تعقُّب مُطَارِدي الطيور، ليتمكنوا من الإدلاء بشهاداتهم حول الأدلة الشرعية المتعلقة بالحمض النووي في المحكمة. حتى الآن، استخدمت هذه الطريقة في قضيتين تنتظران المحكمة. يقول بانيكوس بنابيدس، وهو مسؤول في قسم تعقُّب مُطَارِدي الطيور في نيقوسيا. ويقول باربنيرا: «لدينا بطاقة جديدة يمكننا أن نلعبها لإيقاف - أو لمحاولة الحدّ من - سرعة التجارة والاستهلاك غير المشروع للطيور في قبرص». **شاوني باتاشاريا**



DAVID TIPLING/ALAMY

وأنابيب الري السوداء متقاطعة على الأرض الترابية؛ والسجاد القديم مفروش على الأرض؛ لمنع النموّ النباتي في مواضع تعليق الشِّبَاك. وفي وقت سابق من الرحلة، وجدنا جهاز MP3 معلَّقًا في أعلى شجرة أكاسيا، وكان يبثّ أصوات عصافير متكررة، وكان بمثابة «شريط إغراء» يُستخدَم لجذب الطيور. وفي مكان قريب، كان الطائر أحمر الظهر (*Lanius collurio*) وعصفور دوريّ يرفرفان بأجنحتهما بشكل محموم، بعد أن التصقت أقدامهما وأطراف أجنحتهما على الأغصان الدبقة المعلَّقة في أعلى الشجرة.

أعداد الضحايا

بدأ دعاة الحفاظ على البيئة أولًا بالمراقبة المنهجية لمعدَّل اصطياد الطيور في عام 2002، مستخدِمين البروتوكول الذي وضعته منظمة «بيردلايف سايبرس»، والجمعية الملكية لحماية الطيور في المملكة المتحدة، بالتشاور مع خدمة الطيور المطارَدة والحيوانات البرية في قبرص (قسم من وزارة الداخلية) وشرطة مناطق القواعد السيادية البريطانية. وقد أظهرت الأرقام انخفاضًا أوليًّا في معدَّل الصيد في الفترة المحيطة بوقت انضمام قبرص إلى الاتحاد الأوروبي، ثم ميلًا تصاعديًّا ابتداء من عام 2007، ولكن أرقام الصيد في عام 2014، التي نُشرت في العام الماضي، سببت ضجة بشكل خاص.

قدّرت منظمة «بيردلايف سايبرس» اصطياد مليوني طير خلال موسم الصيد السابق، وهو ما يُعَد أكبر رقم تم تسجيله منذ بداية الرصد. كما قام التقرير بتوزيع اتجاهات الصيد حسب المناطق الإدارية، ووجدت أن مناطق القواعد السيادية البريطانية شكلت جزءًا كبيرًا من هذه الزيادة. وقَدَّر التقرير قَتْل 900 ألف طير هناك، رغم أن المناطق تمثِّل 3% فقط من مساحة الأرض، وأنه كانت هناك زيادة بنسبة 199% منذ عام 2002. وفي المقابل، شهدت جمهورية قبرص تراجعًا في الصيد غير القانوني. هذا.. (ولا يُعتقد أن قتل الطيور يمثّل مشكلة كبيرة في شمال قبرص).

احتلت هذه الأرقام القياسية العناوين الرئيسة، وأثارت انتقادات عديدة، ودفعت بعض دعاة حماية البيئة ووسائل الإعلام للإشارة إلى أن السلطات البريطانية كانت تغض الطرف عن الصيد، حتى لا تُغْضِب المجتمع المحلي. وأبلغت إدارة مناطق القواعد السيادية البريطانية منظمة «بيردلايف ساينس» بأنها «لا تقبل نتائج المسح»، وشككت في بعض الأرقام الواردة في التقرير. ووفقًا لأشخاص حضروا اجتماع أُجري في يوليو الماضي، كانت الإدارة مهتمة بشكل خاص بالطريقة التي تم فيها التوصل إلى تلك التقديرات.

يجري الرصد الأساسي للصيد على فترة مدتها ستة أسابيع في موسم الهجرة الخريفية، وفي الموسم الرئيس لصيد الطيور. يزور فريق المراقبة بشكل منتظم 60 موقعًا للصيد، مساحة كل منها كيلومتر مربع، تُعتبر مقاطعات صيد رئيسة، وتصنفها في واحدة من خمس فئات، استنادًا إلى حجم الشِّبَاك الضبابية الملاحَظة.. من «مجموعة الشِّبَاك النشطة»، (حيث ترك الصيادون شبكة غير ملتفة على الأعمدة)، إلى «مجموعة مُعَدَّة»، (حيث قطعت الشجيرات الفتية؛ لفتح الممرات، ولكن لا توجد شِبَاك)، إلى «خالية»، وهي (المناطق التي لا يوجد فيها دليل على الصيد).

وبناء على هذه البيانات، يقدِّر الفريق عدد الطيور المقتولة في المنطقة والموسم بشكل عام. وللقيام بذلك.. يجب أن يضع افتراضات، مثل عدد الطيور التي تقع في الشبكة كل يوم، في ظل ثبات نسبي لهجرة الطيور، في حين أنه يحدث على موجات في واقع الأمر. تقول بابازوجلو: «نحن نقول دائمًا إن تقديراتنا للأرقام تعجّ بالافتراضات، وأنه لا بد من قراءتها، مع وضع الكثير من المحاذير».

تدور واحدة من المزاعم الرئيسة للقواعد السيادية البريطانية حول الفئة «المعدَّة»، حسب قول جونستون، لأن تحديد ما إذا كانت المنطقة سوف تُستخدم للصيد، أم لا، هو أمر غير محايد. وقد أبدى آخرون مخاوف بشأن دقة التقديرات. يقول بانيكوس بنابيدس، وهو مسؤول في قسم متعقِّبي الطيور والحيوانات البرية القبرصية في نيقوسيا: «تساورنا بعض الشكوك حول تفاصيل عملية الرصد، ودقة الأرقام».

وفي يوليو الماضي، عُقدت ورشة عمل؛ لمعالجة قضايا أسلوب جمع البيانات، ووَجَّهت منظمة «بيردلايف سايبرس» الدعوة إلى جونستون، وزميلها نِك موران، الذي يُجْرِي مسحًا كبيرًا للطيور البريطانية، وغيرهما من خبراء مراقبة الطيور، وممثلين عن القواعد السيادية البريطانية. وبعد الانتهاء من الورشة، نصحت جونستون وموران منظمة «بيردلايف ساينس» بالتخلي عن المجموعة «المُعَدَّة»، وزيادة عدد المساحات التي تُؤخذ منها العينات ضمن القواعد السيادية البريطانية، من بين توصيات أخرى. وستعتمد منظمة «بيردلايف سايبرس» هذه التوصيات في تحليلها لعام 2016، وستُنشر في ربيع هذا العام. وفي تصريح لدورية *Nature*، ذكرت إدارة القواعد السيادية البريطانية أنها لا ترغب في التعليق على الأسلوب الذي استُخدم سابقًا، وأن المجموعات كلها تعمل معًا لتحسين التوصيات الصادرة عن الأمانة البريطانية لعلم الطيور، وأنه «من الضروري أن نواصل العمل معًا؛ لمواجهة ممارسة «اصطياد الطيور»».

وحتى مع بعض التعديلات، ارتفعت أعداد الصيد بوضوح بين عامي 2013، و2014، حسب قول جونستون. وتقلِّل المعادلة «الجديدة» بشكل طفيف من العدد المقدَّر، أي بنحو 10%. والاتجاه العام نحو الصيد يزداد بشكل واضح كل عام، كما تقول، لأن أساليب الرصد كانت متسقة على مرّ الوقت.

وهي تعتقد أن الأرقام التي قَدَّرتها منظمة «بيردلايف سايبرس» أرقام «محافِظة». وبالاستناد إلى دراسات سابقة، تقدِّر المجموعة أن ثمة 20 طيرًا يتم اصطيادها في كل شبكة في اليوم الواحد، ولكن هذا الرقم قد يكون أعلى بكثير، إذا استخدم الصيادون - كما هو شائع اليوم - موسيقى مسجَّلة؛ لجذب الطيور. وقدّرت إحدى الدراسات أن هذه الخدع يمكنها زيادة أعداد الطيور التي تطير نحو الشراك بمعدّل يصل إلى 13 ضِعْفًا.

وفي أماكن أخرى في العالم، يُعتقد أن الصيد يلعب دورًا في القضاء حتى على الأنواع الشائعة من الطيور. ففي العام الماضي، حذّر الباحثون مِن أن أحد الطيور الأوراسية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

شديدة الوفرة ـ الدَّرْسة صفراء الصدر (*Emberiza aureola*) ـ قد فقد حوالي 95% من أعداده في العقود الثلاثة الماضية، أو ما يقرب من ذلك، وكان هذا النوع على وشك الانقراض في أجزاء من أماكن وجوده. ويُعتقد أن أحد الأسباب الرئيسة لذلك هو صيد الطيور في الصين، حيث تُقَدَّم باعتبارها من الأطعمة المحبوبة، باهظة الثمن[3].

إن القياس الدقيق لمدى قتل الطيور أمر مهم، إذا كان الباحثون ودعاة الحفاظ على البيئة يريدون قياس مدى الضرر الذي لحق بأعداد أسراب الطيور، ولتشجيع الجهود الرامية إلى التقليل من انتشاره. تقول جونستون إن الحصول على بيانات لا يقاربها الشك صعب للغاية، وخاصة عندما تكون زيارة مواقع الرصد محفوفة بالمخاطر. وتضيف: «إذا كان يتعين على الصيادين ملء استمارة للإبلاغ عن عدد الطيور التي اصطادوها في أيام مختلفة؛ فسنتمكن عندئذ من إجراء تحليل رائع».

يقول رونج إن اصطياد القليل من الأنواع الشائعة قد لا يكون كبير الأثر على أعداد الطيور، و«بالنسبة إلى الأنواع الأخرى المهددة بالانقراض، حيث لم يتبق سوى عدد قليل من أفرادها، فإنه قد يكون شديد الخطورة». ومهما كانت الأرقام الدقيقة، فإن جميع الجهات المعنية تتفق على أن قتل الطيور في قبرص تجب مواجهته، لكن السؤال هو: «كيف يتم ذلك؟».

TOP: MARK L STANLEY/GETTY; BOTTOM: ARTUR STANKIEWICZ/GETTY

حساسيات سياسية

التقيت بجيم جاي ـ قائد فرقة من شرطة القاعدة السيادية البريطانية الشرقية، وهو شخص مهذب، جذّاب، وشديد الصلابة ـ في مركز للشرطة في منطقة ديكيليا، التي تتألف من مجموعة من المباني المنخفضة خلف سياج من الأسلاك وراء الطريق، على بعد بضعة كيلومترات من مدينة لارناكا. كان قد قَدِمَ في الأساس من جلاسجو لمهمة مدتها 3 سنوات، ولكن انتهى به الأمر للبقاء لمدة 17 سنة.

يقول جاي: «فيما يتعلق بالقواعد في حدّ ذاتها، لا يمكن إنكار أنها واحدة من مناطق الصيد الرئيسة»، لكنه يبدو متضررًا من الانتقادات التي وُجهت إلى مناطق القواعد السيادية البريطانية منذ صدور تقرير منظمة «بيردلايف ساينس»، ويرى أنه من غير الممكن إلقاء التبعة على التراخي. وبدلا من ذلك..، كما يقول، فإن القاعدة السيادية البريطانية الشرقية ـ وخاصة رأس الجرف في كيب بايلا ـ هي هدف للصيادين، لأنها نقطة توقُّف رئيسة في مسار رحلة الطيور المهاجرة. «في كيب بايلا، على وجه الخصوص، لا توجد أبنية، أو منازل، أو أي عوائق أخرى، لردع الطيور أو إبعادها. لذا.. فوضعها مثالي».

يقول جاي إن فريقه يتبع نهجًا ثلاثي الشُّعَب للتعامل مع الصيادين: الوقاية، والتثقيف، والإنفاذ. و«الإنفاذ مثل الضماد اللاصق»، حسب قوله. وقد يتمكن من القبض على بعض الصيادين، ولكن ممارسة الصيد ستستمر، طالما كان هناك طلب على طبق طيور الكروم باهظ الثمن من المطاعم التي تقدمه وروّادها. وهذه مسؤولية، تقع بكاملها تقريبًا على الجمهورية.

ويتابع جاي قائلًا إن إيقاف هذا الطلب صعب للغاية.. حيث «تجد الممارسةُ غير القانونية دعمًا علنيًّا في بعض الحالات، أو ضمنيًّا في كثير من الأحيان من قِبَل شاغلي المناصب السياسية والإدارية الرفيعة». والأكثر من ذلك.. أن الضباط الذين يحاولون مهاجمة الصيادين قد يجدون أنفسهم مهدَّدين، أو ما هو أسوأ من ذلك... «في المملكة المتحدة، يمكنك الذهاب إلى بيتك ليلًا، دون أن تشغل بالك بإمكانية تعرّض منزلك أو عائلتك للهجوم»، استنادًا إلى قول جاي، الذي كان لديه ضباط تَعَرَّضوا لاعتداءات جدية عند التعامل مع الصيادين.

ويشاركه بنابيدس شعوره بالإحباط، حيث تصطف على جدران مكتبه صور الطيور، ويوضع ملصق إرشادات الاتحاد الأوروبي للطيور فوق الطاولة. يقول بنابيدس إن العقد الماضي شهد 30 حالة ـ على الأقل ـ تَعَرَّض فيها مسؤولو قسم تعقُّب صائدي الطيور والحيوانات البرية ـ المناط بهم إنفاذ التوجيهات في الجمهورية ـ إلى مضايقات من قِبَل الصيادين. وأضاف «لقد وُضِعت قنابل في سياراتهم الخاصة، وهناك حالات تم فيها حرق بيوتهم بالكامل».

وحتى عند القبض على الصيادين، وفقًا لقول بنابيدس، فالعقوبات الخفيفة التي تفرضها المَحاكم ليست رادعة. من الناحية الفنية، يَسمح القانون القبرصي لصائد الطيور لأول مرة بالسجن لمدة تصل إلى 3 سنوات، أو دفع غرامة تصل إلى 17 ألف يورو. وفي واقع الأمر، تسارِع الغالبية بدفع غرامة لا تزيد على بضع المئات من اليوروهات، استنادًا إلى قول بنابيدس. ويُورِد بنابيدس قصة أحد الصيادين غير الشرعيين، الذي أُلقي القبض على أحد أفراد فريقه، وقاضاه ثماني مرات خلال العقد الماضي. ويقول بحزن: «ما الذي يمكننا القيام به كإدارة أكثر من ذلك؟»

تصاعدت الحرب في العام الماضي. ففي مايو الماضي، كانت تمرَّر الخطة التي اتفق عليها سابقًا للتعامل مع قتل الطيور في مجلس الوزراء القبرصي، عندما أضافت الحكومة بندًا في اللحظة الأخيرة، من شأنه السماح بالصيد الانتقائي لطير أبو قلنسوة؛ من أجل طبق الطيور الشهير. وقد أثارت هذه الخطوة ضجة في المنظمات البيئية، لأن أي طريقة





أبو قلنسوة (في أعلى) ووروار أوروبي (صقرقع) عالقان في الشِّبَاك في قبرص.

تُستخدم لاصطياد أبو قلنسوة ستُوقِع حتمًا الأنواع الأخرى في الأسر، ولأنها تشكِّل خرقا للإرشادات الخاصة بالطيور. وفي أغسطس الماضي، تم رفض الخطة المعدّلة من قِبَل المفوضية الأوروبية، في رسالة وجهتها إلى الحكومة القبرصية. وينتظر المراقبون الآن، ليطَّلِعوا على طريقة تجاوب الحكومة.

في الوقت نفسه، تكثف السلطات في كل من الجمهورية والقواعد السيادية البريطانية الجهود التي تبذلها للحدّ من عمليات القتل الطيور. وتبحث السلطات الجمهورية في استخدام تقنية جينية تُعرف باسم الترميز الرقمي للحمض النووي؛ للتعرف على الطيور التي تقدَّم في المطاعم (انظر: «الحمض النووي يحدد أنواع الطيور المطهوة»)، وتقول إدارة القواعد السيادية البريطانية إنها أزالت ما يعادل مساحة 11 ملعبًا لكرة القدم من الأكاسيا المزروعة في المنطقة المركزية للصيد الجائر في كيب بايلا في الصيف الماضي. وقد لاقت هذه الخطوة اعتراضًا، وتَظَاهَر ضدها البعض، حيث جلسوا على الطرق الترابية؛ لمنع المتعاقدين من إنجاز مهمتهم. وفي المنطقة التي واجهنا فيها الصياد غير الشرعي حامل السكين، يمكن لفريق الرصد الدخول الآن فقط، إذا كانت لديه حراسة مرافِقة من الشرطة. لقد وصل دعاة الحفاظ على البيئة والصيادون الآن إلى «أوج المعركة»، حسب قول سافاس، الذي دأب على مراقبة الصيد في الجزيرة لما يقرب من خمس سنوات.

هذا هو أقصى ما يمكن أن تصل إليه المراقبة والإنفاذ.. أنْ تتفق معظم الجهات على أن الطريقة الحقيقية الوحيدة للتعامل مع قتل الطيور تمرّ من خلال التعليم والتغيير الاجتماعي. يقول بنابيدس: «يجب أن يدرك جميع الناس أن هذا ليس سليمًا... ليس من الناحية القانونية فقط، بل من الناحية الأخلاقية والاجتماعية أيضًا». وتبدو بابازوجلو أيضًا واقعية فيما يجب القيام به، حيث تقول: «إذا لم ندفع عقول الناس وقلوبهم للتغيير؛ فلن نتمكن من تغييرها على الإطلاق». ■

شاوني باتاشاريا كاتبة علمية في لندن.

1. Runge, C. A. *et al. Science* **350,** 1255–1258 (2015).
2. Schaub, M. *et al. Auk* **116,** 1047–1053 (1999).
3. Kamp, J. *et al. Conserv. Biol.* **29,** 1684–1694 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



RICH REID/NATL GEOGRAPHIC CREATIVE

عندما يتوحَّش الدجاج

يوفِّر دجاج كاواي الوحشي فرصة فريدة لدراسة ما يحدث عندما تهرب الحيوانات المستأنسة وتتطور.

إوين كالاوي

«لا تنظر إليها مباشرة».. هكذا همسَتْ رِي هنريكسن، وأردفت: «وإلا فإنها سترتاب». كانت عالمة الأعصاب تشير إلى حوالي عشر دجاجات تتجول على بُعد بضعة أمتار في موقف للسيارات، تابعٍ لموقع مراقبة شلالات أوبيكا الخلابة في جزيرة كاواي في هاواي.

لدى الدجاج كل الأسباب لعدم الثقة في هنريكسن وزميلها دومينيك رايت ـ عالِم الوراثة التطورية ـ اللذين وفدا إلى الجزيرة من جامعة لينكوبينج في السويد مسلحَين بفخاخ، وطائرات دون طيار، وكاميرات حرارية، ومختبَر نقَّال للأحياء الجزيئية؛ من أجل دراسة الطيور.

وبينما كانا يحاولان التصرُّف بشكل طبيعي في سيارتهما المستأجَرة، أخذت دجاجة سوداء فاحمة موشّاة ببقع من الريش القزحي الأخضر تنقر طريقها على طول مسار من طعام الطيور، لتصل إلى جهاز يُسمى «فخ المرمى». يسحب رايت خيطًا ملتفًّا على إصبع قدمه الكبير؛ لتُطْبِق شبكة مزودة بالنوابض على الطير. بعد لحظة من الصمت والذهول، تُطلِق الدجاجة صراخًا غاضبًا.

تعجُّ شلالات أوبيكا ـ مثل الكثير من مناطق كاواي ـ بالدجاج الوحشي؛ تلك الطيور الحرة التي تربطها قَرابة بكل من السلالات الداجنة التي تضع البيض وتنتج اللحم لرفوف محلات السوبر ماركت، وسلالات أكثر قِدَمًا استُقدمت إلى هاواي منذ مئات السنين.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ديك وحشي، من جزيرة كاواي، في هاواي.

توجد هذه السلالة الهجينة الحديثة في كل أركان الجزيرة تقريبًا، من وهادها الوعرة إلى مواقف السيارات أمام مطاعم «كنتاكي». وقد أوجدت لنفسها مكانًا في التقاليد والثقافة المحليين، وهي محبوبة ومكروهة ـ على حد سواء ـ من قِبَل سكان كاواي، لكن علماء الأحياء يرون في الحيوانات الوحشية تجربة، من غير المرجَّح تطورها، تتمثل في هذا التساؤل: ما الذي يحدث عندما يتوحَّش الدجاج؟

لقد طوَّعت عملية التدجين الحيوانات وجينوماتها؛ لكي تنمو وتترعرع في بيئات بشرية. وغالبًا ما تتراجع السمات التي تضمن البقاء في الحياة البرية، لكي تفسح المجال أمام السمات التي تفيد البشر؛ مثل الانقياد والنمو السريع. ويبدو التوحُّش ـ من منظور سطحي ـ كالتدجين العكسي، لكن التدقيق الجيد يشير إلى أن دجاج كاواي يتطور نحو شيء يختلف تمامًا عن أسلافه البرية، فهو يكتسب بعض السمات التي تعكس ذلك الماضي، لكنه يحافظ على غيرها من السمات التي تم اختيارها من قِبَل البشر. وبهذه الطريقة، فهو يشبه المجموعات الحيوانية الأخرى، بما فيها الكلاب، والخنازير، والأغنام، التي تحررت من الأَسْر؛ وانتعشت.

وبالنظر إلى الحيوانات البرية، يأمل بعض علماء الأحياء التطورية أن يتمكنوا من تحديد كيفية تغيّر الحيوانات الداجنة وجيناتها، استجابةً لضغوط طبيعية. كما سيتمكن البحث أيضًا من المساعدة في الإجابة عن أسئلة الحفاظ الصعبة حول كيفية تأثير حيوانات كهذه على الأنواع المحلية، وما إذا كانت بالتالي تسيطر عليها، وعن الكيفية التي تتم بها تلك السيطرة.

إنّ التاريخ الطبيعي لطيور كاواي يجعل منها محل اختبار مهم. «إن علاقة الناس بالدجاج معقدة حقًّا»، حسب قول إيبن جيرنج، عالم البيئة التطورية في محطة كيلوج الحيوية التابعة لجامعة ولاية مِتشيجان في هيكوري كورنرز، والموجود في كاواي مع هنريكسن ورايت. ويضيف: «البعض يريد التخلص منها تمامًا، والبعض الآخر يعتبرها جزءًا لا يتجزأ من الثقافة المحلية».

طيور الطقس السيئ

جَلَبَ البحّارة البولينيزيون ـ الذين كانوا أول مَن استقر في جُزُر هاواي قبل نحو 1,000 عام ـ ما احتاجوه لبدء حضارة جديدة. وقطعت النباتات الغذائية الأساسية ـ مثل القلقاس، والبطاطا الحلوة، ونخيل جوز الهند، رحلةً طويلة عبر المحيط الهادي، كما فعلت الكلاب والخنازير الداجنة، وبطبيعة الحال.. دجاجاتهم القيِّمة.

ربما كانت الدواجن البولينيزية تحمل بعض الشبه بالطيور التي توفِّر الكثير من بروتين العالم اليوم. وتشير الأدلّة الأثرية والجينية إلى أنها كانت أشبه بدجاج الأدغال الأحمر *Gallus gallus*، وهو طيور صغيرة سريعة الحركة، ما تزال تجوب غابات جنوب شرق آسيا، وهي سلف لجميع الدجاج الداجن.

وبحلول الوقت الذي هبط فيه الكابتن جيمس كوك على أرض وايميا في جنوب كاواي في عام 1778، كان الدجاج البولينيزي قد تحوَّل بالفعل إلى دجاج متوحش، يتجوّل بحرية بين قرى هاواي، والغابات المجاورة. وفي وقت لاحق، استورد المستوطنون الأوروبيون والأمريكيون مفترِسات الدجاج، مثل النمس، الذي أهلك الطيور بجميع أنواعها. وتم القضاء على الدجاج البولينيزي كله في كل مكان، باستثناء كاواي، ونيهاو المجاورة، التي لم تدخل الحيوانات المفترسة إليها.

انتعش الدجاج في كاواي. وعلى الرغم من عدم تتبُّع أعداد الطيور بدقة، يؤكد العديد من السكان أن أعدادها ارتفعت، بعد أن حملت الأعاصير في عامي 1982، و1992 الدجاج المعاصِر من ساحات البيوت الخلفية إلى الغابات، حيث التقى بالأنواع المتحدِّرة من الدجاج البولينيزي.

يقول جيرنج إنه من الممكن أن يكون التزاوج بين المجموعتين قد سمح بتضخم أعداد الطيور. وخلال رحلته الأولى إلى الجزيرة في عام 2013، قال إنه ورايت لاحظا[1] أن العديد من الدجاج الوحشي الذي صادفاه كان يحمل بقعًا من الريش الأبيض المألوف في السلالات الداجنة المعاصرة، بالإضافة إلى الريش الأغمق المشاهَد عادة في المجموعات البرية. كان للعديد من الدجاج أرجل صفراء (أرجل دجاج الأدغال الأحمر رمادية). وكان من الواضح أن صياح بعض الديوك هو نسخة مطولة من صياح أقاربها في أفنية التدجين، على العكس من الصيحات المقتضبة لديك الأدغال الأحمر.

وكشفت عيِّنات الحمض النووي المأخوذة من 23 دجاجة عن مدى الاختراق الذي تعرضت له جينات الدجاج الداجن1. وبدا أن الجينوم النووي للطيور بمثابة خليط من جينات الدجاج البولينيزي الذي يشبه دجاج الأدغال الأحمر، وجينات الدجاج الداجن، في حين أن الواسمات الميتوكوندرية الوالدية الموروثة أمكن إرجاعها إلى الطيور الداجنة، التي يعود منشأها إلى أوروبا وبلدان المحيط الهادئ. ويَعتقِد جيرنج ورايت أن هناك مجموعة هجينة واحدة من الدجاج الوحشي تجوب كاواي الآن، حاملة مزيجًا من سمات الطيور الحديثة والقديمة.

NATURE.COM
لمعرفة المزيد عن دجاج كاواي، انظر:
go.nature.com/gnh7dj

في عمل غير منشور، عمد الاثنان إلى البحث في جينوم الطيور عن امتدادات الحمض النووي، التي تحمل اختلافات بسيطة جدًّا. يشير هذا التجانس إلى أن جينًا في المجموعة قد طفر في الماضي القريب، ربما لأن تلك الطفرة تنطوي على بعض المزايا. وإذا كان التوحُّش هو عملية تدجين عكسية، فربما تظهر عمليات «المسح الانتقائي» هذه في تسلسلات الحمض النووي، التي تميز الدجاج الداجن عن دجاج الأدغال الأحمر. ووجد الباحثون أن غالبية الجينات الأسرع تطورًا في دجاج كاواي مختلفة تمامًا عن تلك التي يُشتبه في كونها قد أثّرت على الطيور الداجنة الحديثة.

في بعض الحالات، تقوم جينات من الدجاج البولينيزي بمساعدة الدجاج الوحشي الهجين على التكيف مع بيئة كاواي، فمثلًا، تم استفراخ بعض الطيور الداجنة الحديثة، بحيث لا ترقد على بيوضها، أو تحتضنها؛ (مما يسهل عملية جمع البيض)، ولكن في البرية، تعرِّض هذه السمة الفراخ التي لم تفقس للخطر. وقد وجد رايت وجيرنج أن الدجاج الوحشي يمتلك عددًا من جينات دجاج الأدغال الأحمر، المرتبطة بالرقود على البيض.

إنّ بعض جينات الدواجن تبدو مفيدة خارج الحظيرة. فهناك مثلًا تنوع جيني يرتبط بزيادة معدلات النمو والتكاثر في الطيور الداجنة، لا يزال موجودًا في مجموعات كاواي، على الرغم من أن متوسط وزن الدجاج الوحشي البالغ يعادل نصف نظيره في الطيور المستفرَخة من أجل لحومها، التي يبلغ عمرها شهرًا واحدًا فقط.

الدجاجة والبيضة

يقول رايت عن الدجاجة التي أمسك بها مع هنريكسن في منطقة شلالات أوبيكا: «لن ترى طيورًا تبدو بصحة جيدة كهذه. إن ريشها رائع». وفي الطابق السفلي من منزل مستأجَر في كاواي، أعدَّ الباحثان مختبرًا مؤقتًا، حيث يصوِّران الطير، ويسحبان دمه، ثم يقتلانه ويهيِّئانه للتشريح. يبدأ رايت بدماغ الدجاجة، الذي يبلغ حجم حبة جوز برازيلي.

وقد أظهر البحث غير المنشور أن أدمغة الطيور الداجنة أصغر من تلك التي لدجاج الأدغال ـ بالمقارنة بحجم الجسم ـ وأنها منظمة بطريقة مختلفة. ويأمل الفريق أن يحدد الجينات المسؤولة عن هذه التغيرات، وغيرها، مثل ضَعْف أنظمة المعالجة البصرية في الطيور الداجنة، وما أدَّت إليه الحياة في البرية من تغيرات في أنظمة التناسل في الدجاج البري. تضع السلالات المستأنسة بيضها بشكل شبه يومي، ولكن التناسل الموسمي يتيح للدجاج الوحشي إعادة توزيع المعادن المخصصة للبيض (التي تأتي من النسيج الإسفنجي الموجود في عظامها)، لكي تجعل هياكلها العظمية أكثر صلابة. أخذ الباحثان عينة من عظم فخذ الدجاجة، ووجدا أيضًا أن مبايضها فارغة من جريبات البيوض، وهو ما قد يشير إلى التناسل الموسمي.

> **«قبل تقرير مدى أهمية حمايتها، أو تدبير أمرها، أو القضاء عليها، مِن المفيد أن نعرف مدى تأثيرها، على الأقل».**

وقد استأثر التوحش بدرجة أقل بكثير من اهتمام العلماء، مقارنة بالتدجين (مشار إليه في الفصل الأول من كتاب «أصل الأنواع» لتشارلز داروين، 1859)، لكن تبادُل الجينات الداجنة والبرية استمر في الحدوث في جميع أنحاء العالم منذ آلاف السنين. عاشت مجموعة من الأغنام الوحشية في جزيرة سانت كيلدا (من مجموعة جزر هيبريد الخارجية في اسكتلندا) لأكثر من 4,000 سنة، وكانت كافية لتكتسب الأليلات النافعة التي تحدد لون أصوافها، من سلالة أغنام حديثة مدجنة تم استيلادها قبل نحو 150 عامًا[2]. وجدت دراسة أجريت في عام 2009، ونشرت في دورية ساينس[3]، أن بعض الذئاب في متنزَّه يلوستون الوطني في وايومنج يحمل نسخة جين كلب مُهَجَّن ترتبط بالفراء الداكن وتُظْهِر بصمات الانتقاء الإيجابي، ربما لمساعدة ذئاب القطب الشمالي على التكيُّف مع بيئة الغابات. يقول جوناثان لوسوس، عالِم البيئة التطورية في جامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس: «ربما اعتقد الناس أن الجينات المناسِبة للعيش في مزرعة أو منزل لن تكون ذات نفع في البرية، لكن هذا ليس صحيحًا بالضرورة».

ومثل الدجاج الوحشي في كاواي، فالحيوانات البرية الأخرى ـ مثل الدنجو (الكلاب الأسترالية)، وحَمَام المدن الموجود عمليًّا في كل مكان ـ لم تعاود التطور إلى حالة أسلافها البرية، حتى وإنْ بدا أن بعض صفاتها يسير في هذا الاتجاه.

تميل أدمغة الحيوانات المستأنسة الأخرى ـ مثل أدمغة الدجاج ـ إلى أن تكون أصغر من أدمغة أبناء عمومتها في البرية، مقارنةً بحجم الجسم (انظر: «طائر حرّ»). ومناطق الدماغ المسؤولة عن معالجة أمور مثل البصر، والسمع، والشم هي من بين الأكثر تضررًا،

طائرٌ حُرٌّ

يتحدر الدجاج الوحشي في كاواي من طيور جُلبت إلى الجزيرة من قِبَل المستوطنين البولينيزيين، وقد تزاوجت فيما بعد مع سلالات مستأنسة أكثر حداثة. يقدم الدجاج دروسًا في وراثيات التحول إلى دجاج بري، وعن السمات التي تميل إلى العودة إلى حالة مشابهة للتوحّش.

التكاثر

لا يرقد الدجاج البيّاض المستأنس على بيضه (أو يحضنه)، وهي سمة اختيرت بشريًّا لتسهيل جمع البيض، فيما يفضل الدجاج الوحشي تنوعًا جينيًّا مرتبطًا بالاحتضان، وتبيض إناثه بمعدَّل أقل من الطيور المستأنسة، ربما موسميًّا فقط.

العرف

ترتبط ثلاثة من أسرع الجينات تطورًا في دجاج كاواي بحجم العرف، وهي سمة مختارة جنسيًّا، لا توضع عادة تحت الضغط في السلالات المستأنسة.

الريش

يُعَدُّ ريش دجاج كاواي الدليل الأوضح على اختلاط أسلافه. والريش الأبيض الذي يميز العديد من السلالات المستأنسة الحديثة يتنافس مع الألوان المألوفة لدجاج الأدغال الأحمر *Gallus gallus* الذي تنحدر منه كل أنواع الدجاج.

الحجم

يحافظ دجاج كاواي على تنوع جيني مرتبط بالنمو السريع في السلالات المستأنسة، ومع ذلك فحجم الدجاجة الوحشية البالغة يعادل نصف حجم طائر مستأنس من أجل لحمه، عمره شهر واحد.

دجاج مستأنس

دجاج وحشي

من البري إلى الوحشي

لا يمكن اعتبار التوحش عملية استئناس بالاتجاه المعاكس، حتى وإن بدت كذلك بعض الشيء، ولكن الحيوانات الوحشية والمستأنسة معروفة بتزاوجها مع المجموعات البرية.

بري ← مستأنس ← وحشي

الأرجل

للدجاج المستأنس أرجل صفراء، في حين يمتاز دجاج الأدغال الأحمر بأرجل رمادية، ويرجع ذلك إلى تنوع في جين يُدعى *BCDO2*. وتتجول تلك الأرجل الصفراء والرمادية في كاواي كيف شاءت.

لا عودة إلى الوراء

تحولت الحيوانات المستأنسة إلى حيوانات وحشية في جميع أنحاء العالم. ويطرح تزاوجها الداخلي مع الحيوانات البرية أسئلة مهمة على علماء الوراثة، ربما تجلب الصداع لنشطاء حماية البيئة، في وقت تتشابك فيه التأثيرات البشرية على هذه الحيوانات وعلى بيئاتها، وهي بكل تأكيد تأثيرات لا يمكن عكسها.



لغز الكلاب

يمكن أن تحمل جينات الاستئناس بعض السلبيات. وتساعد جينات الكلاب المستأنسة ذئاب أمريكا الشمالية على التكيف مع عالم من التندرا الأقل. في متنزَّة يلوستون الوطني في وايومنج، تحمل بعض الذئاب الرمادية تنوعًا جينيًّا مرتبطًا بفراء أكثر قتامة.



تكافؤ الخيول

تبدو الخطوط الفاصلة بين الوحشي والمستأنس والبري غير واضحة. فقد اعتُبر حصان برزوالسكي في السهوب المنغولية آخر الخيول البرية، ولكن التسلسل الجينومي يشير إلى أن أسلاف هذه المجموعة تزاوجت مع الخيول المستأنسة بصورة روتينية.



حساسية الخنازير

بالنسبة إلى بعض السمات، يبدو الاستئناس أحادي الاتجاه. فقد عاودت الخنازير الوحشية في سردينيا اكتساب نِسَب حجم الدماغ، وكثافة الخلايا العصبية المسؤولة عن حاسة الشم، التي تميز أقاربها البرية، ولكنها مع ذلك تفتقر إلى جزيء مهم من أجل حاسة شم رائعة، مثل التي لدى الخنازير البرية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ربما لأن البشر يستولدون الحيوانات لتكون سهلة الانقياد وأقل وعيًا بما يحيط بها. ويبدو أن الخنازير الوحشية في سردينيا قد استعادت الأدمغة الكبيرة والكثافات العالية للخلايا العصبية المسؤولة عن الشم، ولكنها لم تَسْتَعِدْ القدرات المصاحبة لها؛ فخلاياها العصبية لا يفعَّل فيها البروتين المرتبط بحاسة الشم الرائعة الموجودة عند الخنازير البرية وثيقة القربى بها[4]. وبالمثل، فالكلاب والقطط والخنازير الوحشية غالبًا ما تفتقر إلى دهاء أقاربها البرية، وتبقى معتمِدة على الرعاية البشرية؛ للبقاء على قيد الحياة، حسب قول ميليندا زِدر، عالمة الآثار في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي، التابع لمعهد سميثسونيان في واشنطن العاصمة. فعصابات الكلاب الضالة ـ على سبيل المثال ـ لا تملك التسلسلات الهرمية المعقدة التي تجعل من الذئاب حيوانات مفترسة مخيفة؛ إذ «لا توجد لديها قيادة مثلما لدى عصابات الذئاب، بل هي مجرد حفنة من رفاق السوء»، حسب قول جريجر لارسُن، عالِم الوراثة التطورية في جامعة أكسفورد، المملكة المتحدة، وهو عضو في فريق يقوم بفحص الأصول المختلطة للخنازير الوحشية في كاواي.

يحتاج رايت وهنريكسن إلى أقل من ساعة لتشريح الدجاجة التي أَسَرَاها، وأَخْذ عينات من دماغها، وعظامها، وكبدها، وأنسجتها الأخرى؛ من أجل دراسات التعبير الجيني. وسيستخدمان جزيئات الحمض النووي الريبي المعبَّر عنها في أنسجة مختلفة؛ للتوصل إلى قائمة من الجينات التي قد تؤثر على السمات التي تميز الدجاج الوحشي عن الطيور الداجنة، ودجاج الأدغال الأحمر. إنهما متعطشان لأَخْذ المزيد من العينات، ويقفزان فرحًا بتلقِّيهما دعوةً لزيارة مزرعة مجاورة لجمع المزيد من الدجاج.

تَرَاتُب هرمي

يقول صاحب المزرعة (الذي طلب عدم الكشف عن اسمه): «إنها الكارثة. إنها الهوام. إنها تكلِّفنا آلاف وآلاف الدولارات كل عام». تخمش الطيور شجيرات بستانه، كاشفةً الجذور، وقاتلةً أشجار الفاكهة قبل نضجها. يقوم بدوريات مستمرة في مزرعته على متن سيارة صالون فاخرة متهالكة، ومعه بندقية هوائية عالية القوة، وأجير يتقاضى 5 دولارات مقابل كل عملية قتل. وكل بضعة أشهر، يستدعي صيادين مزوَّدين بنظارات للرؤية الليلية؛ لزيارته؛ واقتناص الطيور الجاثمة عنده.

قلة من سكان كاواي تشاركه عداوته للدجاج الوحشي؛ فكثير منهم لا يبالي به، ويعدُّه «غير ذي أهمية». ويميل سياح الجزيرة إلى مشاهدة الطيور من باب الفضول، ثم يبدون انزعاجهم من صيحات الديوك في الثالثة فجرًا. يمكننا أن نرى السلع التي تعتمد على الدجاج الوحشي ـ مثل البطاقات البريدية، وألواح تقطيع الطعام، والقمصان القطنية قصيرة الأكمام ـ منتشرة في كل مكان. ومنذ ما يقرب من عقدين من الزمن، يُعرض برنامج تلفزيوني للأطفال، ذو شعبية واسعة، تقدِّمه شخصية تُدعى «الديك رَسِل» Russell the Rooster.

ونظرًا إلى كونه ينحدر من الطيور المستوردَة من قِبَل البولينيزيين، يحتل دجاج كاواي الوحشي مرتبةً بين النباتات والحيوانات المحلية، وبين الأنواع اللعينة الغازيَة المسبِّبة لمعاناة موائل جزيرة مثل هاواي. يقول جيرنج: «إن الأمر أكثر تعقيدًا من كونه مجرد دجاج أصيب بالتوحُّش. وعلى الرغم من أن دجاج الأدغال لم يكن موجودًا هنا قبل استعمار البولينيزيين للجزيرة، فقد مثَّل جزءًا من هذا النظام البيئي لفترة أطول بكثير من الدجاج الداجن».

يتمتع الدجاج بحماية شبه رسمية في محميات طبيعية، لكونه «دجاجًا وحشيًّا»، ولكن إذا تجوَّلت الطيور نفسها في المناطق المتحضرة، أو في المِلْكِيّات الخاصة، تكون بمثابة «دجاج محلي حر»، لا حرمة له. «وللسكان المحليين الحرية في قَنْصه، إذا دخل إلى ممتلكاتهم الخاصة؛ ووَضْعه في القدور»، حسب الموقع الرسمي لولاية هاواي. هذا.. ويفكر جيرنج ورايت في إعداد طبق «الدجاج الوحشي بالنبيذ الفرنسي»، رغم امتلاء ثلاجتهما بالكثير من أنواع الطيور.

قد لا تتعرض كاواي لنقص في عدد الدجاج الوحشي الآن، ولكن إذا وصل النمس إلى الجزيرة، أو تغيرت الأهواء السياسية فيها، فقد تصبح هذه الطيور عرضة للخطر. قامت جزيرة أواهو ـ الأكبر في هاواي من حيث عدد السكان ـ بشن حملة مثيرة للجدل؛ للقضاء على الدجاج الوحشي (ذي الأصل غير المؤكَّد)، ولكن جيرنج يعتقد أن استمرار وجود دجاج كاواي على المدى الطويل، محافِظًا على موقعه الفريد في ثقافتها المحلية، يجعل بعض أشكال الحماية جديرًا بالاعتبار. يقول جيرنج: «قبل تقرير مدى أهمية حمايتها، أو تدبير أمرها، أو القضاء عليها، مِن المفيد أن نعرف مدى تأثيرها، على الأقل». يودُّ الباحثون معرفة كل شيء، ابتداءً من الحيوانات والنباتات التي تأكلها هذه الطيور، إلى كيفية تغييرها للمناطق الطبيعية التي تعيش فيها، وهي المعلومات التي يأمل جيرنج في جَمْعها خلال رحلاته المقبلة إلى الجزيرة.

بالكاد يُعَدُّ دجاج كاواي المخلوق الوحيد الذي يشغل مساحة ضبابية بين المحلي والوافد. وعندما تمت دراسة خيول برزوالسكي ـ التي تعيش في السهوب المنغولية ـ للمرة الأولى في أواخر القرن التاسع عشر، كان يُعتقد أنها آخِر الخيول البرية غير المستأنسة على كوكب الأرض، لكنْ وجدَتْ دراسة جينومية[5] أُجريت في عام 2015 أن حوالي 2,100 حصان متبقٍّ يحمل كميات يُعتدّ بها من الحمض النووي الخاص بالحصان المستأنَس. كما أنها تُظهِر علامات واضحة للتزاوج الداخلي، نتيجة لبرنامج التزاوج المقيَّد، الذي بدأ في أربعينات القرن العشرين.

بعض دعاة حماية البيئة ينظرون إلى الجينات المحلية المستأنسة، باعتبارها ملوِّثات مشوِّهة لجينوم الحيوانات البرية، مثل الذئاب، والقيوط، وحتى دجاج الأدغال الأحمر الذي يعود أصله إلى جنوب شرق آسيا. ويزعم البعض أنه لم يعد هناك دجاج أدغال أحمر «نقي».

> **«ما تدفعنا الحيوانات الوحشية إلى القيام به هو إعادة النظر في هذه الثنائية شديدة السهولة بين الوحشي، والمستأنَس».**

يقول لارسُن: «ما تدفعنا الحيوانات الوحشية للقيام به هو إعادة النظر في هذه الثنائية شديدة الوضوح، شديدة السهولة، شديدة الخطأ، بين الوحشي والمستأنس».

في جزء منها، ترجع قدرة الحيوانات التي يُفترض أنها برية على أن تنمو وتترعرع ـ في عالَم يتغير على نحو متزايد، نتيجة للنشاط البشري ـ إلى الجينات المستأنسة التي تحملها الآن. فما هي الطريقة الأفضل للتكيُّف مع البيئات المطوَّعة بواسطة البشر، نتيجة استعارة السمات الموجودة عند المخلوقات المطوَّعة بواسطة البشر؟

موطن للاستقرار

في صباح يوم خريفي مشمس، يعلن الصياح العالي «كو كو ريكو» عن وجود ديك متوارٍ في غابة كثيفة في متنزَّه كوكي الوطني. وهذا المتنزه هو محمية طبيعية جميلة بشكل مذهل، تقع على الساحل الغربي لجزيرة كاواي. ويتردد صدى «كو كو ريكو» خافتًا لا لبس فيه، يأتي من على بُعْد مسافة كيلومتر تقريبًا.

وعلى الرغم من أن للطيور مواقع ثابتة، حتى في هذا المشهد الثريّ البعيد، فإن معظم الدجاج في المحمية يفضِّل ألا يبرح مواقف السيارات، ومساحات التنزه التي يسهل تردد البشر عليها، إذ تُعَدُّ الطيور الموجودة في المحمية من بين الأكثر جرأة في التعامل مع البشر، والأكثر ارتياحًا لهم، على مستوى كاواي. ويصعب الاستمتاع بتناول وجبة في المروج المركزية للمتنزه، دون جذب انتباه سرب أو اثنين. يقول جيرنج: «حاوِل اللحاق بها؛ وسوف تختبئ منك في وادٍ عمقه 300 متر، يجعل سُمْك غطائه النباتي ملاحقتها مستحيلة. وهذا أمر لا أعتقد أن دجاجة منزلية تستطيع القيام به».

يشجع الموقع الإلكتروني للمتنزَّه الزوار على عدم إطعام الدجاج، أملًا في خفض أعدادها، وتقليل اعتمادها على البشر. قد يكون الدافع وراء هذا الاهتمام بـ«إعادة توحيش» الدجاج البري نابعًا من الرغبة في الحَدِّ من أعداده، عن طريق وسائل أخرى، ليست من بينها الإبادة. وقد تكون مسألة وقت، لا أكثر، قبل أن تتخلص الحيوانات البرية بالكامل من قيود التبعية، وتتطور إلى مخلوقات أقل اعتمادًا على البشر، وقد لا يحدث ذلك أبدًا. تقول زدر: «المساكن البيئية التي تستغلها الحيوانات الوحشية مختلفة تمامًا، وتحمل طابعًا بشريًّا لم يكن موجودًا عندما تطوَّرت أسلافها»، وتتابع بقولها: «كيف يمكن لأيّ شخص أن يتصور أن الحيوان الوحشي سيخرج إلى البرية؛ ليصبح ذلك الحيوان البري النبيل.. من جديد؟»

على أي حال، يَعتقِد رايت أنه من المحتمَل إذا تُرك الدجاج في محمية «كوكي» وحده لفترة طويلة بما يكفي، فمن الجائز ألَّا يصبح نسخة من أسلافه «دجاج الأدغال الأحمر»، بل سوف يصبح نوعًا آخر من المخلوقات الجديدة بأنْ تُوصف بالوحشية، أيًّا كان ما تعنيه كلمة «وحشية». ■

إوين كالاوي يكتب لصالح دورية *Nature*، من لندن.

1. Gering, E., Johnsson, M., Willis, P., Getty, T. & Wright, D. *Mol. Ecol.* **24,** 2112–2124 (2015).
2. Feulner, P. G. D. *et al. Mol. Ecol.* **22,** 4210–4221 (2013).
3. Anderson, T. M. *et al. Science* **323,** 1339–1343 (2009).
4. Maselli, V. *et al. Evol. Biol.* **41,** 229–239 (2014).
5. Der Sarkissian, C. *et al. Curr. Biol.* **25,** 2577–2583 (2015).

nature INDEX



A global indicator of high-quality research

The Nature Index tracks the affiliations of high-quality scientific articles. Updated monthly, the index presents recent research outputs by institution and country. Use the Nature Index to interrogate publication patterns and to benchmark research performance.



Access the Nature Index free online.
natureindex.com

Scan this tag to access the Nature Index on your smartphone



nature publishing group npg

تعليقات

سياسات ضرورة دراسة التفاعلات الكيميائية غير المرغوبة وغيرها من مخاطر دفن البلوتونيوم **ص. 46**

علم التطور يراجع مات ريدلي الرؤية التطورية بالغة الأهمية التي قَدَّمها ريتشارد دوكنز منذ 40 عامًا **ص. 50**

علم الحشرات سيرة حياة هاريسون داير الزاخرة بالنزاعات المهنية، وبغرابة **ص. 52**



تأبين أخصائي علم الصيدلة، الذي حاز على جائزة «نوبل»؛ لاكتشافه «بروتينات جي» **ص. 56**

ILLUSTRATION BY SÉBASTIEN THIBAULT

لا تسمحوا للشفافية بتدمير العلوم

يوضح **شتيفان ليفاندوفسكي**، و**دوروثي بيشوب** الآلية التي يجب أن تتبعها المجتمعات البحثية؛ لحماية أعضائها من المضايقات، وذلك بالتزامن مع تشجيع الانفتاح الذي أصبح أساسيًّا في مجال العلوم.

تَصَدَّرت الشفافية العناوين الرئيسة، تزامنًا مع إطلاق المجتمع العلمي مبادرات لزيادة تبادل البيانات والشفافية والنقد الحر، وذلك عقب التأكد من عدم قابلية عديد من النتائج البحثية للتكرار[1]. وكما هو الحال عادةً، غالبًا ما يفضي أي تطور جديد إلى نتائج غير مقصودة، حيث يمكن أن تعود إجراءات معتمدة عديدة لتنمية العلوم بنتائج سلبية على العلماء[2]، مثل مشاركة البيانات، والمراجعة من قِبَل الأقران بعد النشر، والمشاركات العامة على وسائل التواصل الاجتماعي.

وقد نَظَّمْنا في العام الماضي اجتماعًا برعاية الجمعية الملكية، بغرض استكشاف ماهية التجارب المتكررة والمشتركة بين الباحثين على نطاق واسع من التخصصات، وقد تمثلت في: طلبات لا تنتهي للمعلومات، وشكاوى مقدمة إلى جامعات الباحثين، ومضايقات على الإنترنت، وتشويه النتائج العلمية، وصولًا إلى التهديد بالعنف. وقد تم توثيق حملات المضايقة المنظَّمة والمموَّلة بسخاء، الموجهة ضد العاملين في مجال تغيُّر المناخ، ومكافحة تعاطي التبغ[3,4].

وقد استخدم بعض المعارضين المتعنِّتين ضد أبحاث أخرى استراتيجيات مماثلة، وذلك على الرغم من قلة الموارد المستخدَمة في هذه الحملات المتعلقة ببعض الأبحاث، مثل الغبار النووي، والتطعيم، ومتلازمة الإرهاق المزمن، والكائنات المعدَّلة وراثيًّا.

تؤدي حملات عدائية كهذه إلى وضع العلماء في موقف صعب، فالباحثون المؤهَّلون لا يتجاهلون وجهات النظر البديلة، إذا ما واجهتهم. ومع ذلك.. يمكن أن يُستغل انفتاحهم من قِبَل المعارضين الحريصين على ◀

المماطلة في استمرارية الأبحاث غير المجدية لهم. وعندما يعترض الناس على العلم، بحجة أنه يتحدى معتقداتهم، أو يهدد مصالحهم؛ فمن النادر أن يلتزموا بنقاش عقلاني. فالتطور البحثي يتطلب التزام الشفافية، ولكنْ تَزامُنًا مع دأب العلماء لزيادة الدقة، فهم يخاطرون بجعل العلم أكثر عرضة للهجمات المغرضة. وهنا يُعتبر الوعي بالاستراتيجيات المتبعة في هذا الصدد أمرًا بالغ الأهمية، وفي هذه المقالة نصف الطرق المُتَّبَعة للتمييز بين التدقيق والمضايقة.

الاستخدام، وسوء الاستخدام

قمنا بتحديد عشر مناطق، عليها أعلام حمراء، يمكن أن تساعد على التمييز بين النِّقاش المفيد، والممارسات البحثية التي تنطوي على مشكلات معقدة، والحملات المتخفية في زيّ التحقيق العلمي (اقرأ: «الأعلام الحمراء العشرة»). وهذه المناطق ليست قاطعة وحاسمة في حد ذاتها، إلا أن أرجحية احتوائها لعلامات على المضايقة يمكنها الإسهام في توجيه ردود أفعال العلماء ومؤسساتهم تجاه النقد المُوَجَّه إليهم. كما اخترنا خمس أدوات مشروعة للتبادل العلمي، لمعرفة كيفية الاستفادة منها «كسلاح»، وكيفية حماية الانفتاح، في حال استخدامه بشكل سيئ (وللاطلاع على الملخص، انظر: «الأدوات الخمس ذات الحدين»).

نداءات المطالبة ببيانات مفتوحة الوصول: المراجعة في مواجهة التقويض. تطالِب حملات مغرضة منظمة عديدة بمزيد من البيانات، وغالبًا ما يكون ذلك بهدف إيجاد طريقة تحليلية، تعمل على تورية النتائج غير المرغوبة[5]. فعلى سبيل المثال.. قامت مصانع التبغ برعاية وإعداد مسودة لتشريع بالولايات المتحدة، بغرض تعزيز الوصول إلى البيانات الخاصة بأبحاث التبغ، رامية بهذا إلى تأخير ـ أو منع ـ إجراءات الصحة العامة المبنيّة على الأدلة والبراهين[6]. كما يمكن أيضًا استخدام النداءات المطالِبة بالبيانات المفتوحة؛ لخلق انطباع زائف بأن هذه البيانات محجوبة؛ حيث إنه في شهر أكتوبر من العام الماضي، قام رئيس «لجنة العلوم والفضاء والتكنولوجيا» في مجلس النواب الأمريكي، وهو ناقد مخضرم لعلماء المناخ، بطلب إحضار بيانات من الوكالة الاتحادية، كانت متاحة للجمهور فعليًّا على شبكة الإنترنت (انظر: go.nature.com/p4tmjd).

الإجراء الوقائي: إننا نؤيد بشدة البيانات مفتوحة الوصول[7]، وينبغي ألا يَعتبِر العلماء كل الطلبات المقدَّمة للحصول على البيانات نوعًا من المضايقة. وعندما لا يتمكن الباحثون من تبادل البيانات، يجب عليهم أن يوضحوا أسباب ذلك؛ إذ يمكن أن تشمل المبررات قضية سرية البيانات الإكلينيكية، والحالات التي لا ينطوي فيها الاتفاق بين المشاركين على تبادل البيانات بشكل صريح. كما يحتاج الباحثون أيضًا إلى وجود رقابة على كيفية استخدام البيانات، وذلك في حال تجاوُز بنود الاتفاق المنوط بين المشاركين (على سبيل المثال، التحليل العرقي، وفروق الجنس أو العرق في البيانات التي تم جمعها لأغراض مختلفة). ويجب أن تُحفَظ البيانات المتاحة جنبًا إلى جنب مع تفاصيل حول المعلومات التي تم حَجْبها، والسبب وراء هذا التعتيم.

يتجه ناشرون ودوريات علمية متعددة إلى تطبيق هذه الممارسة بشكل فعلي، مثل دورية «بلوس» *PLOS*، وبعض الدوريات الصادرة عن جمعية العلوم النفسية، بما فيها دورية «سايكولوجيكال ساينس» *Psychological Science*. ويمكن أن يتم تفسير بعض النداءات المطالبة بإتاحة الوصول إلى مجموعة من البيانات، وتجاهلها، لكون هذه البيانات متاحة بالفعل للجمهور على أنه نوع من المضايقة، بما في ذلك تجاهل القيود التي تم الاتفاق على تطبيقها عند الضرورة أثناء عملية النشر. كما أننا نرى أن اعتبار المناقشة الصريحة حول ماهيّة البيانات المتاحة وغير المتاحة جزءًا لا يتجزأ من إجراءات النشر الأصلية، قد يُجَنِّبنا بعض الجدل الدائر حول التجارب الإكلينيكية لدراسة PACE، وهي دراسة تجريها المملكة المتحدة عن «متلازمة الإرهاق المزمن». وتنطوي هذه المسألة على كل من طلبات البيانات المقدَّمة من قِبَل المنادين بالشفافية، وعلى رفض الباحثين والمؤسسات نَشْر هذه البيانات، متذرِّعين بخصوصية المريض، إضافة إلى الموافقة المحدودة، والنية الحقيقية لمن يطلب المعلومات.

وحتى عندما يتم توصيف توافر البيانات في الأوراق البحثية، تستمر وتيرة التوتر في التصاعد في حال عدم ثقة الباحثين في حسن نِيَّة طالبي هذه البيانات، خصوصًا في حال اشتباههم بأن طالبي البيانات سيستخرجون بيانات منتقاة، بهدف نَزْع الثقة عن الاستنتاجات المنطقية للأوراق البحثية. وفي الوقت الحالي، يتجه البحث نحو دراسة مرحلة «ما قبل التسجيل»، أي قيام الباحثين بنشر طريقتهم المجهَّزة، وخططهم التحليلية، قبل البدء، وذلك كوسيلة لتجنب التحيُّز. وينبغي أن يُطَبَّق الأسلوب نفسه على المنتقدين في مرحلة إعادة التحليل.

يتوجب على كل من النقاد والباحثين عمومًا الانصياع للمعايير الموحَّدة التي تسري على الجميع، المتعلقة بالانفتاح والمسؤولية، وأن يخضعوا للتدقيق نفسه الذي يرجع إلى المعايير الموحدة فيما يخص تضارب المصالح[8]. وفي الحالات التي لا يثق فيها الباحثون في حُسْن نِيَّة طالبي البيانات من الجمهور، عندها تكون الوساطة من قِبَل هيئة تحكيم مستقلة أحد الحلول المحتملة.

وسائل التواصل الاجتماعي: التصحيح العاجل في مواجهة حكم الغوغاء. ساعدت المدونات الإلكترونية، ووسائل الإعلام الاجتماعية على تمكين العلماء من تصحيح العلوم بسرعة. ويُعتبر الجدال الذي دار في عام 2012 حول «بكتيريا الزرنيخ» arsenic life مثالًا واضحًا على ذلك؛ حيث دحض خبراء الإنترنت المزاعم الأولية للاستنتاج المذهل، الذي تمحور حول إمكانية البكتيريا البقاء على قيد الحياة دون الفوسفور، عن طريق استبداله بالزرنيخ في الجزيئات الحيوية الأساسية (انظر: *Nature* http://doi.org/fx24wg; 2012).

مع ذلك.. توفِّر وسائل التواصل الاجتماعي والتعليقات على الإنترنت طريقة سهلة لضَخّ معلومات منحازة، أو غير صحيحة، أو مضللة. ونظرًا إلى كون الانخراط مع النقاد هو العنصر الأساسي في الممارسة العلمية، فقد يشعر الباحثون بأنهم مجبَرون على الرد على المتصيِّدين (المزعجين على شبكة الإنترنت).

الإجراء الوقائي: يتوجب على العلماء تجاهل النقاد المسيئين، أو غير المنطقيين، وأولئك الذين يعيدون النقاط نفسها مرارًا وتكرارًا، على الرغم من وجود التفنيدات، حيث ارتبط التصيد على شبكة الإنترنت بالسادية والاعتلال النفسي[9]. ويمكن أن يفضي التواصل مع جهات سيئة النية كهذه إلى تهديد الانضباط الأخلاقي للعلماء بطريقة لن تقبل معها لجان الانضباط إجراء أبحاث على البشر.

وينبغي على كل المشاركين في مرحلة المراجعة اللاحقة للنشر التعريف بأنفسهم، حيث تفوق سلبيات إخفاء الهوية ـ المتمثلة في تشجيعها للسلوك السيئ ـ المزايا

الأعلام الحمراء العشرة

نشرت الدكتورة «أ» دراسة تبين أن الغذاء «س» يزيد من مخاطر الإصابة بمرض «ص». وعلى ضوء ذلك.. يتهمها الناقدون بعدم الكفاءة، وإشاعة الذعر، وممارسة انتهاكات أخلاقية. هل تعد هذه الاتهامات من قبيل المضايقة، أم أنها نقاش سليم؟

	الرايات الحمراء للباحثة	رفع الرايات الحمراء للنقاد
الخبرة	هل يقع عمل الدكتور ة «أ» المتنازع عليه خارج نطاق تدريبها، أو منشوراتها السابقة؟	هل يجتهد النقاد خارج مجال خبرتهم الظاهرية؟ وهل رفض النقاد المشاركة في أعمال المراجعة من قبل الأقران؟
النزاعات	هل تم تمويل الدكتورة «أ» من قبل منافسي الغذاء «س»؟ وهل قامت بتسويق ترياق للمرض «ص»؟	هل لدى النقاد مصلحة مالية في النتائج؟
الاتصالات	هل قامت الدكتورة بالترويج لعملها، دون نشره في دورية للمراجعة من قبل الأقران؟	هل يهاجم النقاد كل الباحثين الذين يُظْهرون أن الغذاء «س» ضار؟
الأخطاء	هل لدى الدكتورة «أ» سجل حافل بالأخطاء الكبرى؟ هل تدافع عن الأخطاء الصغيرة؟	هل استخدم النقاد الأخطاء الصغيرة؛ لدحض عمل الدكتورة «أ» برمته؟
الموازنة	هل لدى الدكتورة «أ» سجل لسوء عرض الأدلة؟ هل رَفضتْ قبول الحجج المضادة؟	هل لدى النقاد سجل لانتقاء الأدلة التي تخدم رؤيتهم فحسب عند إلقاء التصريحات العلنية؟
المنحة الدراسية	هل كانت النتائج غير منسجمة مع المنح الدراسية الحالية ذات السمعة الحسنة ذات الصلة، إنْ وُجِدت؟	هل يمكن أن يحدد النقاد ما الذي يمكن أن يعتبروه دليلًا مقنعًا؟
الشفافية	هل رفضت الدكتورة «أ» إتاحة البيانات؟ هل تجاهلت معايير الإفصاح العقلانية؟	هل يقدم النقاد مَطالِب استعراضية؛ للحصول على بيانات عامة ومتاحة بالفعل؟ أم بيانات لم يوافق المرضى على نشرها؟
مسار السجل	هل تقوم الدكتورة «أ» بترويج أعمال استعراضية دوريًا دون مراجعة الأقران؟	هل يهاجم النقاد العلماء في مختلف التخصصات حول موضوعات مختلفة؟ هل لديهم سجل حافل من المضايقة أو الشكاوى الكيدية؟
الإهانات، أو التشهير	هل رفضت الدكتورة «أ» النقد، بحجة جهل النقاد، أو انحيازهم، أو تَعَارُضهم؟	هل يسدد النقاد هجمات شخصية؟ هل تصدر الانتقادات عن مصادر مجهولة، أو «الدمى» التي يحركها آخرون؛ للتحايل والتلاعب بالرأي العام؟
طلبات حرية المعلومات	هل تذرعت الدكتورة «أ» بأنه لا علاقة لمصادر التمويل بالموضوع؟ هل وضعت حواجز لإخفاء الحقيقة؟	هل استخدم النقاد طلبات حرية المعلومات من أجل المراسلات الخاصة التي لا علاقة لها بالتمويل؟

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

STEVE HELBER/AP/PA

المرجوة، المتمثلة في ـ على سبيل المثال ـ السماح لصغار السن علميًّا بانتقاد كبار الأكاديميين، دون الخوف من التبعات المترتبة على ذلك. أَضِفْ إلى ذلك أنه يتوجب على المجتمع العلمي ألا ينغمس في ألعاب «المطاردة»، التي تستغل وجود أخطاء صغيرة لشخص، وتوجيهها ضده. وبهذا.. لا ينبغي أن تصبح التصحيحات والإيضاحات الطفيفة اللاحقة للنشر سببًا في وصمة عار للباحثين الزملاء. ويجب أن يُنظر إلى المنشورات العلمية على أنها «وثائق حية»، مع قبول فكرة تصويب الأخطاء ـ إذا لم يتم الترحيب بها ـ كجزء من عملية التقدم العلمي.

طلبات حرية المعلومات: «الحق في المعرفة» في مواجهة «الحق في الخصوصية». كَشَفَت طلبات حرية المعلومات عن تضارب المصالح، بما في ذلك التمويل غير المعلَن للعلماء من قِبَل مصالح قطاع الأعمال، مثل شركات الأدوية، والمرافق العامة، إلا أن طلبات الحصول على المعلومات استُخدمت في المضايقة، وذلك في محاولة لإحراج الباحثين، أو إهدار وقتهم فحسب. وفي عام 2010، سعى المُدَّعِي العام لولاية فرجينيا آنذاك للحصول على مراسلات البريد الإلكتروني الخاصة بعالِم المناخ ميشيل مان، المتعلقة بالعمل الذي أنجزه عندما كان في جامعة فرجينيا في شارلوتسفيل. واعتبَر الرأي العام أن هذا الطلب هو بمثابة تعسُّف مقصود؛ للتصيُّد للعالِم (انظر: *Nature* **465**, 135–136; 2010). وفي نهاية المطاف، رفضت المحكمة العليا في ولاية فرجينيا هذا الطلب.

الإجراء الوقائي: بالنظر إلى أن المحادثات المعاصرة تلك قد جرت عن طريق البريد الإلكتروني بشكل أساسي، فإن تشريعات حرية المعلومات واسعة النطاق تجازف بكونها مكافِئة لعمليات التنصت الهاتفية الدائمة في مكاتب الأكاديميين. إننا نخشى من أنه بدون وجود ضمان خصوصية محادثات البريد الإلكتروني، ستكون للرقابة الذاتية آثار تقشعر لها الأبدان على كل من الحرية الأكاديمية، والمناقشة الثاقبة. ويُعتبر القرار الذي أصدره مفوّض المعلومات في المملكة المتحدة في عام 2013 بشأن الحفاظ على حقوق الباحثين ضد نشر «المواد التي لا تزال قيد الإنجاز، والوثائق غير المكتملة، والبيانات غير النهائية» بمثابة قرار مشجع. وقد بدأت التعليمات الصارمة بهذا الصدد في الظهور.

مع ذلك.. يجب ألا يمسّ الحق في الخصوصية الترتيبات المتعلقة بالتمويل[10]، إذ يجب أن يتحرى الباحثون الدقة في ذكر مصادر التمويل، حيث إنه حتى المَبالغ الصغيرة التي لم يتم الكشف عنها قد تخلق انطباعًا بوجود تأثير خارجي بالغ على توجيه نتائج الأبحاث؛ كما هو الحال في قضية عام 2015 بشأن الباحث الأمريكي الذي كان يعمل على المحاصيل المعدلة وراثيًّا، وتلقَّى تمويلًا قدره 25 ألف دولار أمريكي من شركة «مونسانتو»؛ للمساعدة في جهود التوعية التي يقوم بها (اقرأ: *Nature* **524**, 145–146; 2015). ويمكن أن تكون طلبات حرية المعلومات أداة مناسبة في الحالات التي تنطوي على الدمج بين المال العام، والمصالح الخاصة.



طُورِدَ عالِم المناخ ميشيل مان، من أجل التحقيق في مراسلات البريد الإلكتروني الخاصة به.

نداءات للتراجع: التصحيح في مواجهة الرقابة. حفظت عمليات التراجع عن النشر على مدى التاريخ في حالات الغش، أو الأخطاء الجسيمة، ومع ذلك.. تتزايد وتيرة النداءات المطالبة بالتراجع عن النشر، الصادرة عن أشخاص لا تستهويهم استنتاجات ورقة بحثية ما، فمثلًا في إحدى القضايا المشهورة، قامت إحدى اللجان التي أنشأها الدوري الوطني لكرة القدم الأمريكية بمطالبة إحدى الدوريات بالتراجع عن نشْر مقال، كتبه الباحث الطبي الذي أثار جدلًا حول إمكانية أن تكون الارتجاجات الدماغية المتكررة هي السبب الكامن وراء التلف الدماغي الحاد الذي أصاب لاعب كرة القدم الأمريكي الراحل. وقد قوبلت هذه الاستنتاجات بردود فعل مؤيِّدة من الباحثين المستقلين.

الإجراء الوقائي: يتوجب على الدوريات والجمعيات المهنية أن تستنكر الدعوات المثيرة للشك للتراجع عن النشر، كما يمكن أن تنشر الدوريات والمؤسسات تهديدات علنية برفع دعاوي قضائية، واستخدام نور الشمس كمطهِّر لهذا الجو الموبوء بالشكوك والخداع.

التدقيق الذاتي في المؤسسات في مواجهة الحماية من المضايقة. اشتكت الجامعات من الإجراءات المتبعة، متعللة بأسباب وجيهة، ومع ذلك.. تستخدم هذه الشكاوى أيضًا في تقويض أعمال الباحثين العاملين في مجال العلوم المشروعة، ولكنها تدخل في الإطار الجدلي[3].

الإجراء الوقائي: في كثير من الأحيان يشعر العلماء الذين يتعرضون للمضايقات بالوحدة. وحيث إن الجامعات لا تتسامح مع التضييق القائم على أساس العِرْق، أو الجنس، فلا ينبغي لها أيضًا السماح بالمضايقات المبنية على أساس العلم الجدلي. كما يتوجب عليها أن توفر التدريب والدعم؛ لمساعدة الباحثين على التأقلم. ويمكن أن تكون التصريحات العلنية مفيدة بشكل خاص في هذه الحالات، حيث إنه في عام 2014، ردًّا على مضايقة أحد الأساتذة في «معهد روتشستر للتقنية» في نيويورك، صرَّح المعهد علنًا عن إقراره للإجماع العلمي حول التغير المناخي، ودعمه للحرية الأكاديمية.

الخطوات المقبلة

خلال السنوات القليلة الماضية، عقدت هيئات مهنية عديدة، ومؤسسات تعليمية، ووكالات حكومية، ودوريات، اجتماعات تهدف إلى تفحُّص العلم، ووضع نتائجه قيد التحليل والدراسة. وقد اجتذبت قضايا ـ مثل إعادة تكرار نتائج الأبحاث، وتضارب المصالح ـ قدرًا كبيرًا من التدقيق، وحفّزت الإجراءات التصحيحية المشروعة. ونتيجة لذلك.. يتم تنشيط هذا المجال من خلال القيام بمبادرات، مثل دراسة مرحلة ما قبل التسجيل، والبيانات مفتوحة الوصول. ويجب إيلاء اهتمام مماثل للضغوط والتهديدات التي يتعرض لها العلم، التي تنشأ كرَدّ فعل على البحث الذي يُعتبر غير ملائم للبعض، ويتوجب على المؤسسات والهيئات المنوطة بالدقة العلمية أن تبدأ بإجراء المحادثات حول كيفية حمايته. ■

شتيفان ليفاندوفسكي أستاذ في علم النفس المعرفي في جامعة بريستول في المملكة المتحدة، ذلك العلم الذي يركز على فهم الجماهير للعلم. **دوروثي بيشوب** أستاذة علم النفس العصبي التنموي في جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة، وترأست ندوة حول تحسين المصداقية العلمية، عُقدت في «صندوق وِيلْكَم تراست» في لندن في إبريل من عام 2015.

البريد الإلكتروني: stephan.lewandowsky@bristol.ac.uk; dorothy.bishop@psy.ox.ac.uk

1. Nosek, B. A. *et al. Science* **348,** 1422–1425 (2015).
2. Alberts, B. *et al. Science* **348,** 1420–1422 (2015).
3. Landman, A. & Glantz, S. A. *Am. J. Public Health* **99,** 45–58 (2009).
4. Lewandowsky, S., Mann, M. E., Bauld, L., Hastings, G. & Loftus, E. F. 'The subterranean war on science' *APS Observer* (2013); available at http://go.nature.com/iqtjsp
5. Cataldo, J. K., Bero, L. A. & Malone, R. E. *J. Clin. Epidemiol.* **63,** 841–853 (2010).
6. Baba, A., Cook, D. M., McGarity, T. O. & Bero, L. A. *Am. J. Pub. Health* **95,** S20–S27 (2005).
7. Morey, R. D. *et al. R. Soc. Open Sci.* **2,** 15047 (2015).
8. Christakis, D. A. & Zimmerman, F. J. *J. Am. Med. Assoc.* **310,** 2499–2500 (2013).
9. Buckels, E. E., Trapnell, P. D. & Paulhus, D. L. *Personal. Individ. Diff.* **67,** 97–102 (2014).
10. Oreskes, N., Carlat, D., Mann, M. E., Thacker, P. D. & vom Saal, F. S. *Environ. Sci. Technol.* **49,** 7527–7528 (2015).

الأدوات الخمس ذات الحدين

يمكن التسلح بالأدوات المشروعة للتبادل العلمي.

التقنية	الاستخدام	سوء الاستخدام
المطالبة بالبيانات	السماح بنَسْخ أو فحص التحليلات.	الطعن في نزاهة العلماء (عندما تكون البيانات متاحة فعليًا)، وإعادة التحليل المنحازة.
مشاركات شبكات التواصل الاجتماعي	تسليط الضوء على الأخطاء، أو الممارسات المثيرة للشك.	التجسس، أو التشهير، أو التخويف، أو المضايقة.
طلبات حرية المعلومات	الكشف عن الصراعات الخفية للمصالح.	إطلاق حملة تقصّي الحقائق؛ لتعقُّب المراسلات الخاصة.
المطالبة بالتراجع عن النشر	دعوة لسحب العمل غير الأخلاقي، أو الخاطئ من العمل البحثي.	سحب مصداقية النتائج غير الملائمة للبعض.
شكاوى الجامعات	تجنب السلوك غير الأخلاقي.	تشويه السمعة.


JIM WEST/ALAMY

تخزين البراميل التي تحتوي على مواد ملوثة من برنامج الدفاع النووي للولايات المتحدة في «المحطة التجريبية لعزل النفايات» في نيو مكسيكو.

إعـادة تقييـم مخـزن النفـايـات النـوويـة في نيـو مكسيكـو

يوضح **كاميرون تريسي**، و**ميجان داستن**، و**رودني إوينج** ضرورة قيام المقترحات المقدمة بشأن دفن البلوتونيوم الناتج عن الأسلحة النووية بدراسة مخاطر حدوث تفاعلات كيميائية غير مرغوبة، أو حدوث اختراق لمخزن النفايات.

على عمق يتجاوز 600 متر تحت الأرض بالقرب من كارلسباد في نيو مكسيكو، يوجد المخزن الجيولوجي الوحيد قيد التشغيل الأعمق في العالم، الذي يَستقبِل حاليًّا النفايات النووية للعناصر الأثقل من اليورانيوم. وقد اعتادت «المحطة التجريبية لعزل النفايات» WIPP ـ التي تديرها وزارة الطاقة الأمريكية ـ أن تتخلص من المعدات المختبرية والملابس ومخلفات برنامج الدفاع النووي الوطني. وفي الخمس عشرة سنة الماضية تم إيداع ما يقارب 91 ألف متر مكعب ـ أي ما يعادل الكمية اللازمة لتغطية ملعب كرة قدم لعمق يصل إلى 13 مترًا تقريبًا ـ من النفايات النووية، التي يمتلك معظمها مستويات إشعاعية منخفضة نسبيًّا.

وتتمثل الملوثات الأساسية في نظائر طويلة العمر من البلوتونيوم (تتمثل بشكل أساسي في بلوتونيوم 239 مع فترة من العمر، نصف مدتها 24,100 سنة، وبلوتونيوم 240، مع فترة من العمر، نصف مدتها 6,560 سنة)، وكذلك نظائر قصيرة العمر، مثل الأميريسيوم، والكوريوم. وفي غرف منحوتة من طبقة القاع الملحيّة السفلية ـ تعود إلى 250 مليون سنة مضت ـ يتم تخزين النفايات في مئات الآلاف من براميل الصلب المبطَّنة بالبلاستيك. وحاليًّا، يستوعب المخزن نصف سعته التصميمية، وسوف يتم إغلاقه في عام 2033. وتتحمل وزارة الطاقة مسؤولية إجراء تقييمات السلامة؛ لضمان ألا تتجاوز محطة عزل النفايات الحدود المقررة بشأن التعرض للنشاط الإشعاعي، لمدة زمنية تعادل 10 آلاف سنة، وضعتها الوكالة الأمريكية لحماية البيئة.

رغم ذلك.. هناك المزيد من المَطالب الجديدة التي تتوالى في الظهور، حيث تقوم اتفاقية تحديد الأسلحة مع روسيا ـ التي أُبرمت في عام 2000 ـ بإلزام الولايات المتحدة بالتخلص من 34 طنًّا من البلوتونيوم الناتج عن تفكيك الأسلحة النووية[1]. وإذعانًا لبنود هذه الاتفاقية، تعتزم الولايات المتحدة تحويل المادة إلى وقود ـ أكسيد مختلط من اليورانيوم والبلوتونيوم، يُعرف باسم «موكس» MOX ـ لاستخدامه في عمليات الاحتراق في محطات الطاقة النووية التجارية، لكنها تواجه صعوبة في هذا التحويل، بسبب الارتفاع الكبير لتكاليف بناء منشأة تصنيع خليط وقود «موكس» في موقع نهر سافانا في ولاية ساوث كارولينا، وقد كُلفت وزارة الطاقة بتقييم البدائل[2].

ويوصي التقرير الأخير[3] ـ الذي نُشر في أغسطس الماضي ـ بدفن نفايات أسلحة البلوتونيوم في محطة عزل النفايات. ونظرًا إلى توضيح أداء المخزن «بنجاح»، تقترح

لجنة خبراء الفريق الأحمر في وزارة الطاقة أن يضاف 34 طنًّا من نفايات أسلحة البلوتونيوم إلى المحطة، وذلك فور تخفيفها إلى تركيزات منخفضة، بالمقارنة بتركيزات النفايات المخزَّنة.

وفي الواقع، لا يُعتبر سِجِلّ السلامة ـ الخاص بمحطة عزل النفايات ـ ناصع البياض؛ حيث إنه في 14 فبراير من عام 2014 أسفر انفجار أحد البراميل عن تسرُّب كميات صغيرة من البلوتونيوم والأميريسيوم إلى السطح (مرفقة بنشاط إشعاعي يُقَدَّر بحوالي 100 مِلِّي كوري، أو 3.4 جيجا بيكريل)[4]، حيث وصلت المواد المشعة المحمولة جوًّا إلى السطح، عن طريق نظام التهوية، وانتشرت لمسافة 900 متر من قناة العادم في المخزن، وتَعَرَّض 21 عاملًا لمستويات منخفضة من النشاط الإشعاعي، وكانت الجرعة الأعلى من هذا النشاط مكافِئة لنشاط الأشعة السينية المستخدَمة طبيًّا في تصوير الصدر. وقَبْل تسعة أيام من ذلك، انتشر الدخان الصادر عن شاحنة مشتعلة؛ وملأ الأنفاق وأنبوب التوصيل، وألحق أضرارًا بالأنظمة الميكانيكية والكهربائية، وأنظمة التهوية.

وترى وزارة الطاقة أن مثل هذه الحوادث لا تمسّ أداء المخزن الجيد منذ سنوات، ونحن نوافقها الرأي، إذا أُخذت الدروس المستفادة من هذه الحوادث بعين الاعتبار. كما أننا لسنا قلقين بشأن شدة الأحداث، بل لكونها غير متوقعة، حيث توضح هذه الحوادث مدى صعوبة التنبؤ بالانهيار المحتمَل لهذه النوعية من أنظمة التخلص من النفايات على مدى آلاف السنين. فعلى سبيل المثال.. يمكن أن تؤدي الفرضيات حول الكيمياء الجيولوجية الخاصة بالمخزن، أو احتمالات اختراقها إلى التقليل من قَدْر المخاطر، والتحسُّب لمواجهتها. وقبل توسيع مخزون البلوتونيوم في محطة عزل النفايات، يتوجب على وزارة الطاقة أن تَختبِر بعناية أكبر تقييمها لسلامة الأداء، التي تمتد إلى أكثر من 10 آلاف سنة.

ثقافة قبول الوضع الراهن

في عام 2014، تسبَّبت الحرارة الناتجة عن التفاعل الكيميائي في أحد البراميل في حدوث تسرُّب إشعاعي في محطة عزل النفايات[4]، حيث تفاعلت أملاح النترات الملوثة بالبلوتونيوم ـ وهي النفايات الناتجة عن تنقية البلوتونيوم في مختبَر «لوس ألاموس الوطني» LANL في نيو مكسيكو ـ مع مواد عضوية ماصَّة يدخل القمح بشكل أساسي في تكوينها، تُستخدم تجاريًّا لامتصاص الفضلات السائلة للقطط. وأدت الحرارة الناتجة إلى تفجير الغطاء. وعلى الرغم من اكتشاف أجهزة الاستشعار للنشاط الإشعاعي الناتج، وقيامها بتحويل نظام تفريغ الهواء في المرشحات، إلا أن ذلك لم يَحُول دون تسرُّب بعض المواد المشعة. وقد سَدَّ القائمون على تشغيل محطة عزل النفايات منفذ التسرب في نظام الترشيح، وأغلقوا الحجرة التي حدث فيها التسرب، وبقي البرميل المثقوب في المخزن.

وسَجَّل تحليل الحوادث الذي قامت به وزارة الطاقة وجود نَقْص في «ثقافة السلامة» في محطة عزل النفايات[4]، حيث أدَّى نجاح العمل في المنشأة على مدار 15 عامًا إلى توليد الشعور بالرضا عن الوضع الراهن، وكان الفشل واسع النطاق، سواء في تقييم السلامة، أم السيطرة على محتويات البرميل، أم تركيب المعدات وصيانتها، أم التدابير الاستباقية لمواجهة الحادث. فعلى سبيل المثال.. خلص التحقيق الذي تناول إجراء تعبئة البرميل إلى أنه «لا يوجد أي دليل على القيام بأي نوع من أنواع التقييم الفني» عند اختيار المادة العضوية الماصة، فعلى الرغم من عدم توافق المادة العضوية الماصة مع أملاح النترات، إلا أنها استُخدمت أثناء تعبئة النفايات في مختبر «لوس ألاموس الوطني»[4].

يُعتبر خرق البرميل «حادثًا عاديًا» من منظور تحليل النظم[5]، ويمكن القول إنه خطأ بشري، أدَّى إلى وقوع سلسلة من الأخطاء والأعطال، تفاقمت بسبب الفشل في تطبيق بروتوكولات السلامة. وغالبًا ما تكون التقنيات المعقدة عرضة لحالات فشل غير متوقعة، من المحتمل أن تكون سريعة التطور. وتتضمن هذه الأمثلة حدوث انصهار نووي في عام 1979 في مفاعل محطة « ثري مايل أيلاند» في ولاية بنسلفانيا، وكذلك انفجار المكوك الفضائي «تشالنجر» في عام 1986. فالواقع أنه لا يمكن التنبؤ بمثل هذه الحوادث بسهولة، لكن النظام المصمَّم على وضع إمكانية حدوث الأعطال بعين الاعتبار يمكنه أن يخفف من المخاطر.

ويمكن أن يُعتبر حادث محطة عزل النفايات حدثًا إيجابيًّا، حيث إنه يقدم فرصة للتعلم.. وقد حددت وزارة الطاقة ـ بشكل صارم ـ أسبابه، وأساليب تنفيذ الإجراءات التصحيحية، إذ تم منع خلط المواد الكيميائية غير المتوافقة في البراميل، ولكن بمجرد أن يتم إغلاق المخزن، لن نتمكن من رصد المشكلات وحلّها، حيث لا نستطيع الجَزْم بأن سكان المنطقة المستقبليين سيعرفون أن محطة عزل النفايات وُجدت يومًا ما. ولاستيعاب منظور المقياس الزمني، يمكننا النظر إلى الزراعة؛ حيث تم تطويرها لما يزيد على 10 آلاف سنة مضت.

«لا نستطيع الجَزْم بأن سكان المنطقة المستقبليين سوف يعرفون أن محطة عزل النفايات وُجدت في يوم ما»

السلامة طويلة الأجل

يعالِج التقييم الحالي لسلامة محطة عَزْل النفايات سيناريوهين: أولًا، الأداء السليم، وثانيًا تدخُّل العنصر البشري، مثل الحفر غير المقصود، الذي يخترق المخزن خلال عمليات التنقيب عن الغاز والنفط[6]. ويتنبأ التوقع الأول بأنه عقب إغلاق المخزن، ستشوَّه تشكُّل الملح الذي تأسس عليه المخزن، وسيسيل في المنطقة المحيطة بالبراميل؛ ليغلف النفايات. ويَفترِض هذا النموذج انعدام وجود السوائل، مثل الماء المالح، وأن الموقع لا يزال معزولًا من الناحية الجيولوجية. وعلى الرغم من أن البراميل ستتهشَّم، إلا أن المواد المشعة ستعلق في الملح الصلب الجاف، بلا أي وسيلة لإطلاق النشاط الإشعاعي إلى الغلاف الحيوي. وهكذا.. فإن الاعتماد على الحاجز الجيولوجي كبير لدرجة ألا يحتل شكل وتكوين النفايات أهمية، حتى إنه لن يكون من الضروري معالجتها.

يمكن أن يسفر تدخُّل العنصر البشري عن إطلاق النشاط الإشعاعي إلى البيئة[6]، وغالبًا ما ترتبط الرواسب الملحية، والطبقات الرسوبية، أو القباب الملحية بالموارد المعدنية وموارد الطاقة، مثل البوتاس، والهيدروكربونات، والنفط، والغاز، حيث إنه في جنوب شرق نيو مكسيكو، أدَّى التنقيب عن الوقود واستخراجه إلى عمليات حفر واسعة النطاق في منطقة حوض بيرميان، حيث تقع محطة عزل النفايات.

إنّ احتمال وجود حفرة ناتجة عن اختراق في المخزن في فترة 10 آلاف سنة مقبلة هو أمر وارد جدًّا. وإذا كانت الحفرة ستثقب المخزن، وكذلك جيب المياه المالحة المعروف وجوده في تشكيل «قشتالة» الجيولوجي، تحت تشكيل «سالادو» الملحي الذي تَأَسَّس الخزان فوقه، فعندها قد تصل السوائل إلى النفايات النووية، (انظر: «مخاطر الحوادث»). وهكذا.. فإنه لتقييم مخاطر تسرب إشعاعي، لابد أولًا من دراسة احتمال حدوث حفرة ثاقبة، وتحديد آلية تأثير تفاعل الماء المالح المضغوط مع النفايات.

وقد استخدمت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة معدلًا متوسطًا تاريخيًّا لمدة زمنية تصل إلى 100 عام للمنطقة، بغرض التنبؤ بمعدلات الحفر المستقبلية، حيث تتوقع وجود 67.3 حفرة لكل كيلومتر مربع، خلال الفترة الزمنية التنظيمية الممتدة إلى 10 آلاف سنة[6]، إلا أن السنوات الأخيرة شهدت ازديادًا في عمليات الحفر بالقرب من محطة عزل النفايات. ونتيجة لدور تقنيات الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي في تسهيل الوصول إلى الأماكن الجديدة من الصخور الهيدروكربونية الحاملة، أصبح حوض «بيرميان» هو المنطقة الأكثر إنتاجًا للنفط في الولايات المتحدة. كما أظهرت إحصائية المتوسط التاريخي لعشر سنوات ليست بعيدة الأمد، ما بين (2002 - 2012)، وجود 148 ثقبًا لكل كيلومتر مربع على مدى 10 آلاف سنة، وهو ما يتجاوز ضعف المخاطرة المتوقَّعة من اختراق المخزن. ويُعتبر من الصعب ـ إنْ لم يكن من المستحيل ـ التنبؤ بمعدلات الحفر، وتأثيرات التقنيات الحديثة، وضغط العرض والطلب على المنتجات الهيدروكربونية للقرون المقبلة.

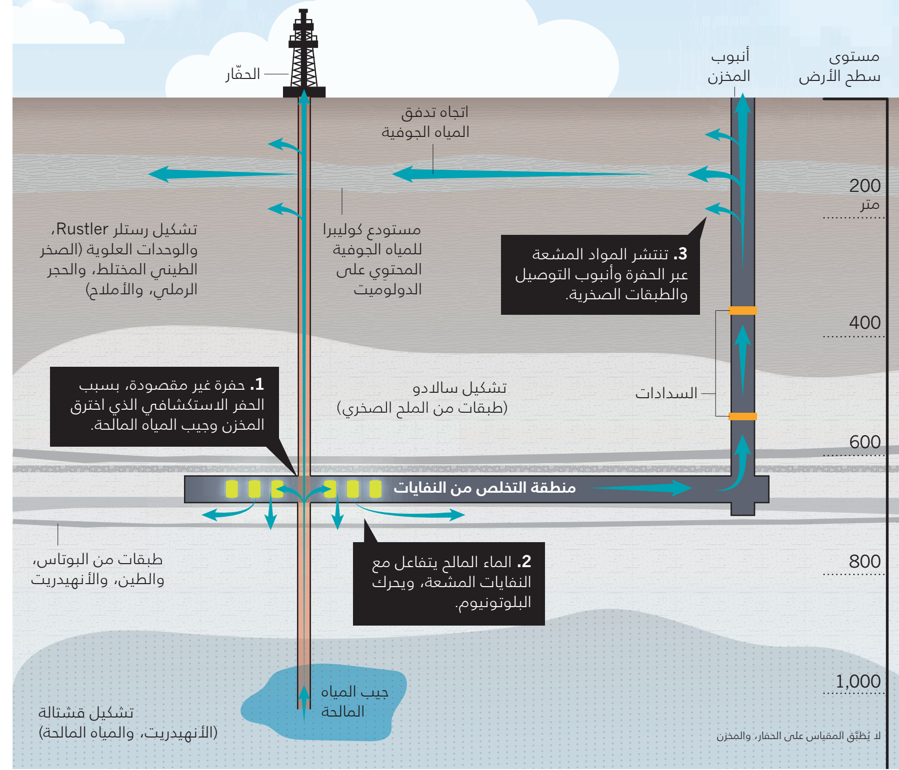
من الصعب أيضًا التنبؤ بقيم تركيز العناصر النووية المتسرِّبة نتيجة تدخُّل الماء المالح، وذلك بسبب تعقيد تكوين النفايات، حيث يحتوي البرميل النموذجي على مجموعة متنوعة من المواد، مثل معاطف المختبر، والقفازات، والمعدات المختبرية الأخرى. كما ستتطور بيئات جيولوجية كيميائية دقيقة متنوعة حول مختلف أنواع النفايات. فقد تتحلل المواد العضوية الكيميائية ـ مثل الأكياس البلاستيكية ـ بفعل الميكروبات، وبالتالي تولِّد غاز ثاني أكسيد الكربون، حيث إنّ غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء المالح يشكِّل مركّبات مستقرة من الكربونات والبيكربونات مع البلوتونيوم والأكتينيدات الأخرى (عناصر 89-103)، ومن ثم يرفع تركيزها في المحلول. وقد وُضِّعت أكياس كبيرة من مسحوق أكسيد المغنيسيوم، تصل إلى أكثر من 31 ألف طن في حجرات التخلص من النفايات، باعتبارها «حاجزًا هندسيًّا»؛ فأكسيد المغنيسيوم ينبغي أن يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون؛ لينتج كربونات المغنيسيوم المستقرة، وبالتالي تحدث إزالة لثاني أكسيد الكربون من المحلول، وتقل قابلية الأكتينيدات للذوبان، وهو الأمر الذي يفرض استمرار التفاعلات حتى النهاية، واستهلاك ثاني أكسيد الكربون بالكامل.

تَفترِض حسابات تحليل السلامة الصادرة عن محطة عزل النفايات أنه لا وجود لثاني أكسيد الكربون، مما سيؤدي إلى تخفيض كبير في تركيز الأكتينيدات في الماء المالح، وبالتالي يظهر خطر الإفراج عن النشاط الإشعاعي، إلا أن الاعتماد على أكسيد المغنيسيوم وسلسلة من التفاعلات المثالية لتقييد الحالة الجيولوجية الكيميائية للمخزن يمثل إشكالية، لا سيما في حال ازدياد كمية البلوتونيوم المخزَّنة في محطة عزل النفايات. وكما عَلَّمَتنا حوادث عام 2014 من قبل، يجب أن تؤخذ التفاعلات المعقدة للمواد بعين الاعتبار عند التنبؤ بأداء المخزن حاليًّا ومستقبلًا.

يقترح تقرير الفريق الأحمر تخفيف مخلفات ◄

مخاطر الحوادث

لآلاف السنين القادمة، يمكن أن يتسبب الحفر غير المقصود في وجود حفرة في المحطة التجريبية لعزل النفايات، أو في مخزن النفايات النووية، أو في جيب المياه المالحة، مما يؤدي إلى تسريب مواد مشعة إلى البيئة. وسوف تتفاعل المياه المالحة مع النفايات، ويمكن أن يصل السائل المُحمَّل بالعناصر الملوثة إلى السطح، من خلال البئر، أو أنبوب التوصيل؛ وينتشر داخل الصخور المسامية.



البلوتونيوم من الأسلحة قبل التخلص منها في «الشوائب الخاملة»، وهي خليط سري لعوامل التدعيم، والتبلور، وتغليظ القوام، وتشكيل الرغوات، حيث تُعرف باسم «ستاردست» stardust، وذلك برغم أن التقرير لا يوضح المقصود هنا بلفظة «خاملة». ومع ذلك.. تُعتبر المواد الخاملة نادرة، وخاصة تلك التي يجب أن تظل على حالتها لآلاف السنين.

التخلص من البلوتونيوم

يُعتبر توضيح الخمول الكيميائي في المواد الصلبة الحاملة للبلوتونيوم تحديًا كبيرًا؛ حيث إنه في الظروف القريبة من السطح، يمكن أن يحمل البلوتونيوم مجموعة متنوعة من حالات التأكسد، بما يقارب 4 حالات تقريبًا، وكل واحدة من حالات التأكسد لها حالة صلبة وسلوك جيولوجي كيميائي مختلف[7]. ويمتاز المنتج المتعرض للاضمحلال «يورانيوم 235» بامتلاكه لحالتي تأكسد رئيستين، هما: U^{4+} وU^{6+}، وكل واحدة منهما لها نوع مختلف من قابلية الحركة الجيولوجية الكيميائية[7]. ويَحُول هذا التعقيد دون سهولة التنبؤ بكيفية تفاعل الأكتينيدات، أو كيفية نقْلها.

وتضمحلّ الأكتينيدات بشكل رئيس عند انبعاث جسيمات ألفا (نواة الهيليوم النشطة). وخلال كل اضمحلال، ترتد النواة الوليدة، وتزيح آلاف الذرات في المادة الصلبة المحيطة بها، ويتراكم هذا الضرر مع مرور الوقت؛ مما يؤدي إلى تغيير خصائص الاستقرار الكيميائي للمادة. وعلى مدار العشرين سنة الماضية، تم توثيق آثار الإشعاع في المواد الحاملة للأكتينيدات[8]، ولكن لم يتم أخْذها بعين الاعتبار في تقييم الفريق الأحمر.

ويؤدي اقتراح «التخفيف والإزالة» ـ المتمثل في تحويل حفر البلوتونيوم المتبقي من الأسلحة إلى أكسيد البلوتونيوم، ودفنها في محطة عزل النفايات[3] ـ إلى تسليط الضوء على قضايا السلامة على الفور، حيث إن الجرعة الزائدة من البلوتونيوم تعادل ثلاثة أضعاف البلوتونيوم المتوقَّع حاليًّا (حوالي 12 طنًّا) عند الإغلاق، حيث إن التصميم وتقييم السلامة لم يضعا في اعتبارهما هذه الكمية الضخمة، وهو الأمر الذي يستدعي زيادة القدرة الاستيعابية للمحطة بنسبة 15%[1]، مما يزيد من احتمال تقاطع إحدى الحفر معها في يوم من الأيام.

كما سيتطلب المخزون المتغير للأكتينيدات تقييمات جديدة للتفاعلات مع المواد الحالية، بما في ذلك الماء المالح، وثاني أكسيد الكربون؛ حيث تعتمد كمية البلوتونيوم المتحركة في الماء المالح على قابليته للذوبان، التي تعتمد بدورها على تكوين البلوتونيوم، وكمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عقب التفاعل مع مجموعات أكسيد المغنسيوم.

الخطوات المقبلة

تُعتبر الفترة التنظيمية الحالية الممتدة إلى فترة 10 آلاف سنة قصيرة بالنسبة إلى فترة عمر النصف لبلوتونيوم 239، وهي 24,100 سنة، ناهيك عن يورانيوم 235 الذي يمتاز بفترة عُمْر، نصف مدتها 700 مليون سنة. ولا بد أن ننوه إلى أن الفترة التنظيمية اللازمة لاستيعاب كميات البلوتونيوم الإضافية قد تطول، وهذا يعني ازدياد احتمال التدخل البشري أثناء هذه المرحلة.

وقد أُثيرت بعض هذه القضايا وغيرها في اثنين من تقارير المراجعة[9,10] التي أجراها الفريق الأحمر في عام 2015 بمساعدة الشركة الاستشارية «هاي بريدج أسوشيتس» High Bridge Associates في جرينسبورو بولاية جورجيا، ولكن لم يأخذ هذا التحليل إمكانية التدخل البشري بعين الاعتبار.

تلبِّي محطة عزل النفايات حاجة وطنية مهمة، تتمثل في التخلص من النفايات النووية الناتجة عن برامج الدفاع الأمريكية، وكان افتتاحها تتويجًا لعشرين عامًا من البحث العلمي، والتصميم الهندسي، ومشاركة الجمهور. وعلى الرغم من هذه الحوادث.. لا تزال محطة عزل النفايات قادرة على إنجاز مهمتها. ومع ذلك.. تترافق مقترحات الزيادة الكبيرة في مخزون البلوتونيوم، جنبًا إلى جنب مع الفشل في مراجعة تقييم السلامة، وخاصة في إمكانية التدخل البشري، مما يبرهن على مدى التساهل الذي يُمَكِّن القرارات السياسية من تجاهل العلوم الأساسية، مما يخاطر بحدوث فشل جديد.

يَعرِض تقرير الفريق الأحمر وجود جهد محدود مبذول لإدارة المخاطر الكامنة، وأخذها بعين الاعتبار، حيث تُعتبر أوجه القصور في مقترحات التخلص من البلوتونيوم المتبقي من الأسلحة في محطة عزل النفايات بمثابة مرآة تعكس الفشل في إجراء عمليات التشغيل بأمان، وهو الفشل الذي تَسَبَّب في حوادث عام 2014. وقبل أن تبدأ وزارة الطاقة في تنفيذ هذه التوصيات، ينبغي عليها أولًا أن تفحص سجل المخزن على مدى فترة 15 عامًا مضت، كجزء من عملية إعادة التقييم لدرجة الثقة في التشغيل الآمِن للمنشأة خلال فترة 10 آلاف سنة مقبلة. ■

كاميرون تريسي زميل منتسب إلى برنامج «ماك آرثر» لما بعد الدكتوراة في مركز الأمن والتعاون الدوليين في جامعة ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية. **ميجان داستن** زميلة الدراسات العليا في قسم العلوم الجيولوجية في جامعة ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية. **رودني يوينج** أستاذ في برنامج فرانك ستانتون في مجال الأمن النووي بمركز الأمن والتعاون الدوليين في جامعة ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: rewing1@stanford.edu

1. Clements, T., Lyman, E. & von Hippel, F. *Arms Control Today* **43,** 8–15 (2013).
2. US Department of Energy. *Report of the Plutonium Disposition Working Group: Analysis of Surplus Weapons-Grade Plutonium Disposition Options* (DOE, 2014).
3. US Department of Energy. *Final Report of the Plutonium Disposition Red Team* (DOE, 2015).
4. US Department of Energy. *Accident Investigation Report: Phase 2, Radiological Release Event at the Waste Isolation Pilot Plant, February 14, 2014* (DOE, 2015).
5. Perrow, C. *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies* (Princeton Univ. Press, 1999).
6. US Department of Energy. *Compliance Recertification Application 2014 for the Waste Isolation Pilot Plant* (DOE, 2014).
7. Maher, K., Bargar, J. R. & Brown, G. E. *Inorg. Chem.* **52,** 3510–3532 (2012).
8. Ewing, R. C. & Weber, W. J. in *The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements* Vol. 6 3813–3888 (eds Morss, L. R., Edelstein, N. M., & Fuger, J.) (Springer, 2010).
9. High Bridge Associates. *Plutonium Disposition Study Options* (High Bridge Associates, 2015).
10. High Bridge Associates. *Supplemental Report, Independent Assessment of the Impact of Disposing of Surplus Weapons Plutonium at WIPP* (High Bridge Associates, 2015).

الآراء المعروضة تعبِّر عن آراء أصحابها، ولا تمتّ بِصِلَة لمجلس الولايات المتحدة للمراجعة التقنية للنفايات النووية، التي ينتسب إليها رودني يوينج.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature MIDDLE EAST
Emerging science in the Arab world


twitter

facebook

google+

Your free news portal covering the latest research and scientific breakthroughs in the Arabic-speaking Middle East.

Stay up-to-date with articles in English and Arabic, including:

- **Science news**
- **Research highlights**
- **Analysis and comment**
- **Special science portfolios**
- **Interviews with academics**
- **Editors' blog**
- **Science events**
- **Job search**



nature.com/nmiddleeast

Sponsored by 

SPRINGER NATURE



صورة لريتشارد دوكنز في العام الذي نشر كتابه الأول الأكثر مبيعًا فيه (1976).

TERRY SMITH/THE LIFE IMAGES COLLECTION/GETTY

في ذكــرى «الجيــن الأنانــي»

يراجع **مات ريدلي** الرؤية التطورية بالغة الأهمية، التي قَدَّمها ريتشارد دوكنز منذ 40 عامًا.

تُصَنَّف الكتب العلمية عادةً تحت إحدى مجموعتين: الكتب التي تشرح العلوم لغير المتخصصين، أملًا في اجتذاب جمهور كبير من القراء، والكتب التي تحاول إقناع العلماء بدعم نظرية جديدة، بِلُغَة علمية بحتة. وتُعَدُّ الكتب التي تحقِّق كلا الهدفين ـ الإسهام العلمي، والنجاح الجماهيري ـ نادرة.

كان كِتَاب تشارلز داروين «أصل الأنواع» ـ الذي نُشر في عام 1859 ـ أحد تلك الكتب. ويُعَدُّ كتاب الجين الأناني لريتشارد دوكنز كتابًا نادرًا آخر؛ فقد ظل ـ منذ صدوره قبل أربعين عامًا ـ أحد أكثر الكتب مبيعًا، بجانب كونه علامة فارقة في تاريخ العلوم.

أصبحت الفكرة التي ترى أن التطور قائم على الجينات ـ التي قادها وتبنّاها دوكنز ـ محورًا لكل من التنظير التطوري، والقراءات العامة للتاريخ الطبيعي، مثل تلك التي يتم عرضها في الأفلام الوثائقية التي تتناول الحياة البرية. فالنحل مثلًا ـ والطير كذلك ـ يخاطر بحياته وبصحته من أجل جلب ذريته إلى العالم، ليس لمساعدة نفسه، وبالتأكيد ليس لمساعدة نوعه ـ وهو التفسير الضعيف الذي ساد في الستينات، حتى بين البارزين الساعين إلى التطور، من أمثال: جوليان هكسلي، وكونراد لورنتس ـ وإنما تحدوه رغبة غير واعية في منح جيناته فرصة للبقاء. وتنجو الجينات المسؤولة عن قدرة الطيور والنحل على التكاثر على حساب جينات أخرى. ولا يوجد تفسير آخر معقول، بالرغم من إصرار البعض على وجود طرق أخرى للتفسير (انظر: K. Laland *et al*. *Nature* **514**, 161–164; 2014).

المثير للإعجاب هو الراديكالية التي اتسم بها إصرار دوكنز على أن البيانات الرقمية التي تحملها الجينات خالدة على نحو فعال، وأنها هي الوحدة الرئيسة المؤثرة في عملية الانتقاء؛ إذ لم تُظهِر أي وحدة أخرى هذا القَدْر من الصمود، لا الكروموسومات، ولا الأفراد، ولا الجماعات، ولا الأنواع؛ فجميعها مجرد حوامل للجينات، مثلما تَحمِل قوارب التجديف المُجَدِّفين الموهوبين، (على حد تعبيره).

مما يدلِّل على جمع الكتاب بين الإسهام العلمي المؤثر، وبين تقديم العلوم للعامة، أن ملحوظة عابرة أبداها دوكنز قادت إلى نظرية جديدة تمامًا في علم الجينوم. ففي الفصل الثالث، أثار دوكنز ـ للمرة الأولى ـ الحديث عن لغز «الحمض النووي الفائض عن الحاجة». ولفت ذلك أنظار علماء الأحياء الجزيئية إلى أن البشر يمتلكون ما يزيد على 30-50 ضِعْف كمية الحمض النووي التي تحتاجها جيناتهم المُشفِّرَة للبروتين، وتملك أنواع أخرى ـ مثل السَّمَك الرئوي ـ فائضًا أكبر. كَتَب دوكنز عن فوائد ذلك الحمض النووي الذي يبدو فائضًا عن الحاجة: «من وجهة نظر الجينات الأنانية، ليس ثمة مفارقة؛ فالهدف الحقيقي للحمض النووي هو البقاء، لا أكثر، ولا أقل. وأبسط طريقة لفهم الحمض النووي الفائض هي افتراض أنه طُفيلي».

بعد أربع سنوات، نشر أربعة علماء بحثين في دورية *Nature*، دَشَّنَا نظرية «الحمض النووي الأناني»، وأرجعا الفضل إلى دوكنز، بصفته الملهِم (L. E. Orgel and F. H. C. Crick *Nature* **284**, 604–607 (1980); W. F. Doolittle and C. Sapienza *Nature* **284**, 601–603; 1980). ومنذ ذلك الحين، تأكدت فرضية دوكنز، عندما تم اكتشاف أن معظم

الجين الأناني
ريتشارد دوكنز
مطبعة جامعة أكسفورد، 1976

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

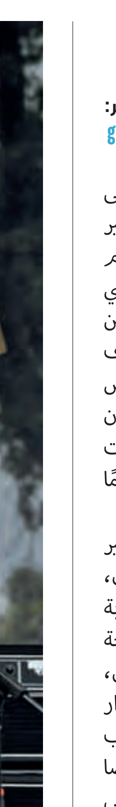
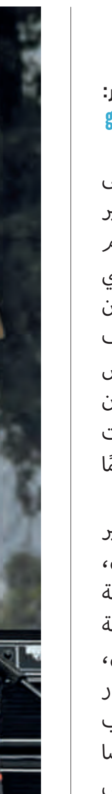
الحمض النووي الفائض يحتوي على إنزيم النسخ العكسي (إنزيم فيروسي، وظيفته نَشْر نُسَخ من نفسه)، وعلى نُسَخ مبسطة من الترانسبوزونات ـ الجينات القافزة ـ تعتمد على الحمض النووي. وهكذا ساعدت أفكار دوكنز في تفسير ما يحدث داخل الجينومات، وكذلك بين الأفراد، بالرغم من أنه ألَّف الكتاب قبل أن يصبح تعيين التتابع الجيني عملية روتينية، بوقت طويل. وقد تزايد منذ ذلك الحين أيضًا تعقيد البِنْيَة المعروفة للجين نفسه، مع اكتشاف الإنترونات، والتتابعات الضابطة، وجينات الحمض النووي الريبي، والروابط البديلة، وغيرها الكثير، غير أن الفكرة الأساسية القائلة إن الجين هو وحدة المعلومات الوراثية ما زالت باقية على حالها حتى اليوم، تمامًا مثلما صاغها دوكنز.

NATURE.COM
لمطالعة إحدى المراجعات لأحدث مذكرات دوكنز، انظر:
go.nature.com/cqukcg

في الذكرى الثلاثين لكتاب الجين الأناني، شارك كثير من معجبي دوكنز ـ بمن فيهم الكاتب فيليب بولمان، واختصاصي العلوم المعرفية ستيفن بينكر ـ في كتابة مقالات، ضَمَّها كتابٌ بعنوان «ريتشارد دوكنز»، (مطبعة جامعة أكسفورد، 2006)، حرره تلميذاه.. ألان جرافين، ومارك ريدلي (ليس له علاقة بي). وفي ذلك الإصدار التذكاري، تحدَّث الفيلسوف دانيال دانيت عن أن كتاب الجين الأناني لم يكن عملًا علميًّا فقط، بل قَدَّم أيضًا «الفلسفة في أرق صورها». أما أنا، فأشرتُ في إسهامي إلى أن نجاح الكتاب أثمر عصرًا ذهبيًّا لجيل من كتاب العلوم المبسَّطة، وبدأ الناشرون يقدِّمون لهم عروضًا مميزة، أملًا في تكرار تجربة الجين الأناني. وأتت كُتُب معينة ـ مثل «نظرية الفوضى» لجيمس جليك (أباكوس، 1988)، و«تاريخ موجز للزمن» لستيفن هوكنج (بانتام، 1988)، و«الغريزة اللغوية» لستيفن بينكر (ويليام مورو، 1994) ـ ضمن الكتب الأكثر نجاحًا، قبل أن يخفت الوهج شيئًا فشيئًا.

بالرغم من امتلاء كتاب دوكنز بالأفكار الأصيلة، إلا أنه أَقَرّ بأنه بناها على اكتشافات وأفكار آخرين، لا سيما العلماء الساعين إلى التطور، من أمثال: ويليام هاملتون، وجورج ويليامز، وجون ماينارد سميث، وروبرت تريفرز. وقد عبَّر هؤلاء العلماء بدورهم عن تقديرهم لعمله، الذي تعدَّى كونه مجرد شرح لأفكارهم. فقد كتب تريفرز تصديرًا للكتاب، وبعد صدور الكتاب مباشرةً، لعب ماينارد سميث دور الراوي في برنامج وثائقي تليفزيوني عنه، وصرَّح ويليامز في لقاء صحفي بأن كتاب دوكنز «قطع شوطًا إلى الأمام، أكثر مما قطعتُ أنا»، (انظر: go.nature.com/21j1mt)، وكَتَب هاملتون أن الجين الأناني «نجح في ما بدا مهمة مستحيلة، وهو استخدام لغة بسيطة ـ غير متخصصة ـ في تقديم أفكار علمية معقدة، تتعلق بالفكر التطوري الحديث» بطريقة من شأنها «أن تفاجئ وتدهش القراء، من بينهم كثير من علماء الأحياء»، (W. D. Hamilton *Science* **196**, 757–759; 1977).

وبصفتي طالبًا مستجدًّا آنذاك في قسم الحيوان بجامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، حيث كان دوكنز بصدد تدريسي الحوسبة وسلوك الحيوان، وجدتُ كتابه مثيرًا ومحيرًا. كان أساتذتي حتى ذلك الوقت يحاولون تقسيم العالم إلى أفكار صحيحة، وخاطئة، لكنني وجدتُ كتابًا يقلب الثوابت العلمية رأسًا على عَقِب، ويدعوني للانضمام إليه في رحلة لاستكشاف الحقيقة التي بَدَت له «أغرب من الخيال». هل كان

دوكنز متحدثًا في تجمُّع للملحدين في عام 2012.

على صواب، أم على خطأ؟ لقد كنتُ شاهدًا على المناقَشات، لا الإجابات.

كانت نشأة كتاب الجين الأناني مثيرة للاهتمام. فقد كشف دوكنز في الجزء الأول من مذكراته «شهية للتساؤل» (Bantam, 2013; see E. Scott *Nature* **501**, 163; 2013) ـ عن أن فكرة الجين الأناني وُلدَت قبل نشر الكتاب بعشر سنوات. ففي عام 1966، طلب عالِم الأحياء الهولندي نيكولاس تينبرجن من دوكنز ـ الذي كان آنذاك باحثًا مساعدًا، حصل لتوه على درجة الدكتوراة في سلوك الحيوان ـ إلقاء بعض المحاضرات بدلًا منه. وبإلهام من هاملتون، كَتَب دوكنز في مذكراته التي نُشرت لاحقًا في «شهية للتساؤل»: «تُعَدُّ الجينات خالدة بمعنًى ما. إنها تنتقل عبر الأجيال، معيدة ترتيب نفسها في كل مرة تنتقل فيها من الآباء إلى الأبناء. ويمنح الانتقاء الطبيعي الأفضلية لتلك الجينات التي تنجح في نقل عدد أكبر من نُسَخها إلى الأجيال القادمة نقلًا آمنًا. وبناءً على نظرية داروين الحديثة، فإننا نتوقع ـ مبدئيًّا ـ أن تلك الجينات ستكون أنانية».

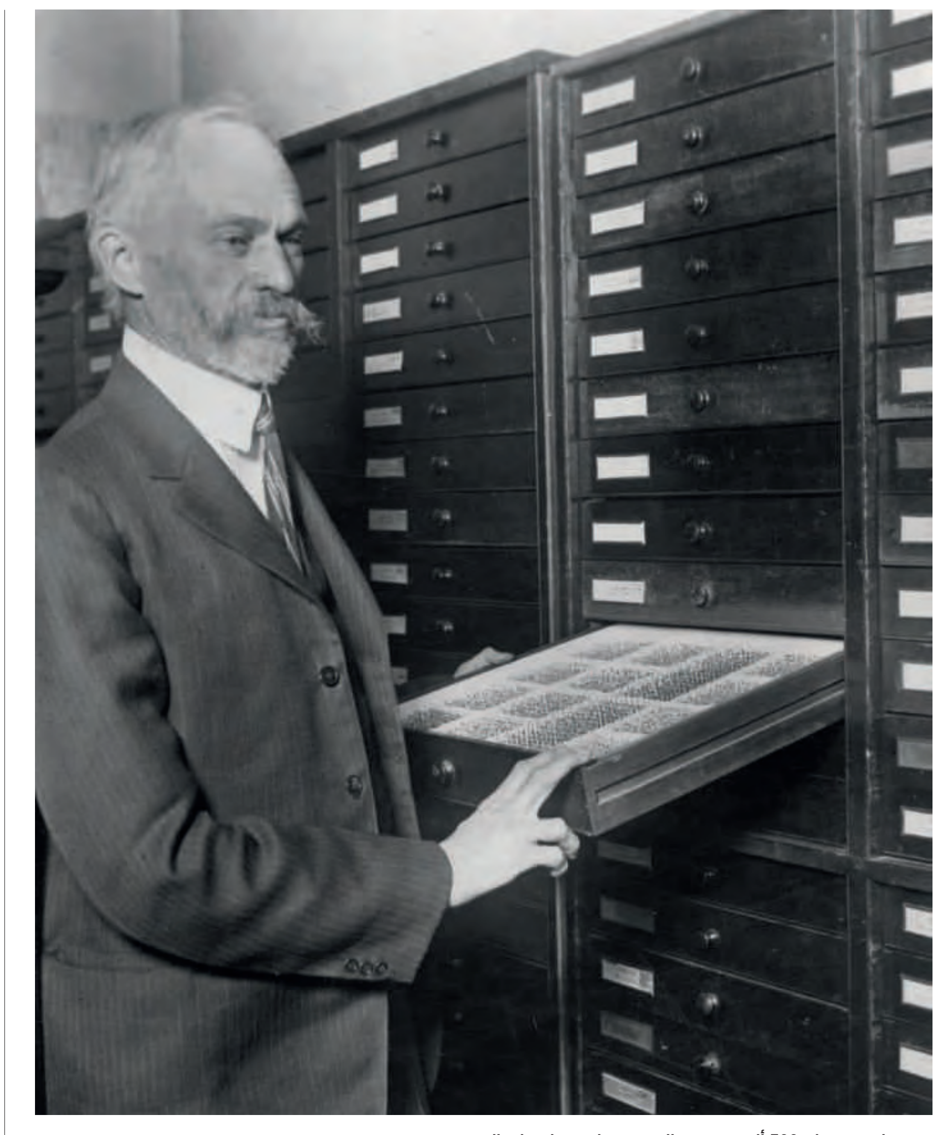
«ساعدت أفكار دوكنز في تفسير ما يحدث داخل الجينومات، قبل أن يصبح تعيين التتابع الجيني عملية روتينية بوقت طويل».

بدأ دوكنز تأليف كتابه في عام 1973، وأتمَّه في عام 1975 في إجازة تفرغ. وباقتراح من ديزموند موريس ـ عالِم الحيوان، ومؤلف كتاب «القرد العاري»، (جوناثان كيب، 1967) ـ عَرَض دوكنز مسودات بعض فصوله على توم ماشلر ـ من دار نشر جوناثان كيب ـ الذي حَثَّهُ بقوة على تغيير العنوان إلى «الجين الخالد». واليوم، يندم دوكنز على عدم أَخْذه بهذه النصيحة؛ فلربما كان من شأنها الحدّ من الجدل غير النهائي، المُغرِق في التَّعَمُّد (الموقف الذي نميل فيه إلى التعامل مع الأشياء غير العاقلة كما لو كانت عاقلة، بداية بالعواصف الرعدية، حتى النباتات)، الذي يعشقه منتقدوه، بشأن ما إذا كانت الأنانية فعلًا واعيًا بالضرورة، أم لا. ربما كان اتباع هذه النصيحة سيَحُول دون سوء الفهم الشائع اليوم بأن دوكنز يدعو إلى الأنانية الفردية.

في النهاية، تحمَّس مايكل رودجرز ـ من مطبعة جامعة أكسفورد ـ لنشر الجين الأناني، بعدما ألَحَّ عليه هاجس يقول: «يجب أن أحصل على هذا الكتاب!»، إثر اطلاعه على مسودته الأولى. لقد حقق الكتاب نجاحًا فوريًّا، وحظي بأكثر من 100 مراجعة، معظمها إيجابي. واستمر دوكنز في تأليف كتب أفضل بطريقة ما. فكتابه «النمط الظاهري الموسَّع» *The Extended Phenotype* كان أكثر ريادية، و«صانع الساعات الأعمى» *The Blind Watchmaker* أكثر إقناعًا، و«الصعود إلى جبل عدم الاحتمال» *Climbing Mount Improbable* أكثر منطقية، و«النهر الخارج من عدن» *River out of Eden*، و«تفكيك قوس قزح» *Unweaving the Rainbow* كانا أكثر شاعرية، و«حكاية الجد الأعلى» *The Ancestor's Tale* أكثر موسوعية، و«وهم الإله» *The God Delusion* أكثر إثارة للجدل، لكن جميعها تنويعات على الموضوعات التي طرحها بجرأة ووضوح في «الجين الأناني». ■

مات ريدلي كاتب عمود صحفي بصحيفة «التايمز». وكان آخِر ما كتب هو كتاب «تطوُّر كل شيء».
تويتر: @mattwridley

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



VISUAL STUDIES WORKSHOP/GETTY

جمع هاريسون داير 500 ألف نوع من البعوض على مدار حياته المهنية.

علم الحشرات

حيــاة قوامهــا الحشــرات والنزاعــات

تزخر سيرة حياة هاريسون داير بالنزاعات المهنية، وبغرابة الأطوار على المستوى الشخصي، حسب ما يورد **ويليام فوستر**.

هاريسون داير (1866-1929) كان من علماء الأحياء الأمريكيين البارزين، بيد أنه اكتسب سمعة سيئة أثناء حياته. وكان لأعماله الرائدة الفضل في تغيير فهْمنا للنظام الحيوي والتصنيفي لمجموعتين مهمتين من الحشرات على مستوى العالم، وهما حرشفيات الأجنحة (الفراشات والعثة)، والبعوض، إلا أن تراثه العلمي غلبت عليه منازعاته العدوانية الطويلة والعلنية مع رفاقه من علماء الحشرات، إضافة إلى فضائح مشينة حول حياته الخاصة، حيث جمع بين زوجتين لمدة 14 عامًا، منشئًا أسرتين تضمان خمسة أطفال. وفي أواخر حياته، بنى نظامًا ممتدًّا من الأنفاق العميقة المبطنة بالطوب أسفل قلب العاصمة واشنطن، وعندما تم اكتشاف الأمر مصادفة في عام 1924؛ أثارت القصة جدلًا واسعًا، حتى إن رسومًا كرتونية تناولتها أثناء حملة الانتخابات الرئاسية في ذلك العام.

NATURE.COM
قم بزيارة مدونة «كتب وفنون» من خلال:
nature.com/booksandarts

الفراشات، والأساطير، والبعوض.. الحياة الغريبة لهاريسون داير
مارك إبستاين
دار نشر جامعة أكسفورد: 2016

وعن هذا الكتاب الذي يتناول حياة داير؛ «الفراشات، والأساطير، والبعوض» *Moths, Myths, and Mosquitoes*، ارتبط مؤلفه ـ عالِم تصنيف الحشرات، مارك إبستاين ـ ارتباطًا طويلًا ووثيقًا بقِسْم علم الحشرات بمعهد سميثسونيان في واشنطن، وهو المكان الذي أمضى فيه داير الجانب الأكبر من حياته المهنية. ولكي يتمكن إبستاين من تأليف كتابه، أجرى تنقيبًا عميقًا في تراث المعهد من المطبوعات المنشورة، والمراسلات، واليوميات، والقصص القصيرة، والحكايات غير المنشورة، والمقالات الصحفية، ووثائق الزواج، وهو ما أضفى ثراء على عالم داير الفكري والعلمي، وكذلك أضفى روحًا وحيوية على وصف إبستاين للرحلات التي قام بها داير لجمع الحشرات، والمعارك التي خاضها مع زملائه.

إن الإنجاز العلمي الأكبر لداير كان ترسيخه لاستخدام الأطوار غير اليافعة للحشرات في بناء مخططات تطوُّر سلالات الأشجار التطورية، معتمِدًا في ذلك على مبادئ داروين. وفي مواجهة اختبار الزمن، صمدت قائمته التي أعدها في عام 1902، متضمِّنة حرشفيات الأجنحة بأمريكا الشمالية، كما صمدت أغلب تصنيفاته لأنواع الحشرات حرشفيات الأجنحة، والدبابير المنشارية، والبعوض. ولعل أكثر ما يشتهر به داير في أوساط علماء الأحياء هو صياغته للقانون المعروف باسم «قانون داير»، الذي يقول بوجود نسبة ثابتة بين عرض محفظة الرأس لكل مرحلة تطور، أو طَوْر مرحلي في حياة يرقات حرشفيات الأجنحة، وعرض محفظة الرأس للطَّوْر المرحلي الذي يليه. وقد وفَّر هذا القانون طريقة تُستخدَم فيها القياسات الدقيقة، بدلًا من التخمين، وذلك عند فحص عينة من اليرقات؛ لمعرفة الطَّوْر المرحلي الذي تنتمي إليه، وذلك بغض النظر عن الأطوار المفقودة، أو عدد الأطوار المرحلية لدورة حياة أنواع معينة من الحشرات. ويشير إبستاين في كتابه إلى أن داير أجرى تلفيقًا بسيطًا في البيانات؛ لتتوافق مع النموذج الذي أعدَّه. وبرغم ذلك.. ظل النموذج صحيحًا ومفيدًا بشكل عام. يقول: «أثبت النموذج صلاحيته للاستخدام معي عندما أنجزتُ مشروعي الحيوي الأول حول «توضيح قانون داير»، وذلك عندما كنت تلميذًا بالمدرسة في منتصف الستينات».

من المعروف أن اتِّباع معايير موضوعية تضمن الدقة التامة في مجال علم التصنيف ودراسة تطور السلالات هو أمر صعب نسبيًّا، ولذلك يغلب أن يقع الباحثون في إغواء حسم الجدل العلمي بالاعتماد المطلق على قوة الشخصية. وقد اعتنق داير هذا الأسلوب بحماس أهوج، على الرغم من أن أبحاثه عزَّزت الموضوعية في مجاله، لكنه بدا وكأنه يستعذب المعارك العلمية طويلة الأمد. فمثلًا في عام 1905، اتَّهَم داير هنري سكينر محرِّر دورية «إنتومولوجيكال نيوز» *Entomological News* بأنه مصاب بنوبة «انفعال هستيري»، مضيفًا أنه «من الأفضل له أن يتناول دواءً مهدئًا». وفي المقابل، رد سكينر قائلًا إن داير «أفرط في شرب الماء المثلج»؛ حتى صار دمه «شديد البرودة» إلى الدرجة التي أعجزته عن فهم ما نشرته الدورية. وفي عام 1908، أقامت خبيرة البعوض «إيفيلين ميتشل» دعوى قضائية ضد داير، متهمةً إيَّاه بالقذف والتشهير. وعندما تم رفض الدعوى؛ انتقم داير منها عبر تأليف قصة قصيرة لم تُنشر، بعنوان «ترويض مناضلة»، وفيها أبرز شخصية ترمز إلى ميتشل في صورة مهلهلة وضعيفة. وبمواصلة قراءة كتاب «الفراشات، والأساطير، والبعوض»، يبدأ المرء في الشعور

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بأن المعارك والخروج على المألوف كانت الوقود المحرِّك لحياة داير، حيث كَتَب في عام 1925 في رسالة إلى ليلاند هوارد ـ رئيسه في ما يُعرف الآن باسم «متحف الولايات المتحدة الوطني للتاريخ الطبيعي» ـ قائلًا: «أشعر بأنني مضطر إلى إثارة الآخرين من حين إلى آخر، خشية أن أغرق في الملل والرتابة».

هناك جانب كبير من الكتاب، وتحديدًا في الجزء المخصص لحياة داير الخاصة، يمنح القارئ شعورًا بأنه إزاء مسودة مادة خام لسيرة ذاتية، أكثر من كونها كتابة منقَّحة. ومع أن إبستاين يتناول مجموعة رائعة من الشخصيات، إلا أنه يصارع من أجل إضفاء الحياة عليها، مما أدى إلى تشوُّش عديد من الفقرات تحت وطأة زحام التفاصيل. وإضافة إلى ذلك.. لا يتيسر للقارئ دومًا الإلمام بالتتابع الزمني الصحيح للأحداث، غير أن وفرة وتميُّز الرسوم التوضيحية والصور الفوتوغرافية ساعدت على ربط الموضوع، وإعطائه لونًا وسياقًا روائيًّا. وهناك صورة مؤثرة تجمع بين داير وابنه أوتيس ـ البالغ من العمر عامين ـ على أحد الشواطئ، وهما يحملقان في الكاميرا بقَدْر من العبوس، بينما يظهر بجوارهما تمثال رملي ضخم، يجسِّد إحدى اليرقات البزاقية الشوكية، فحتى على شاطئ البحر يجد العمل طريقه إلى الأب المشغول دومًا.

ويقدِّم إبستاين في خاتمة الكتاب دليلًا قطعيًّا على التوقيت الذي شهد بدء داير في الجمع بين زوجتين، فقد تزوج داير من زيلا بيبودي في عام 1889، وأنجب منها طفلين، قبل طلاقهما في عام 1920، ومع ذلك.. في عام 1906 تزوج سرًّا من ويليسكا بولوك، منتحلًا اسم ولفريد ألين، وأنجب منها ثلاثة أطفال. وفي موقف سريالي محض، حاولت بولوك الحصول على الطلاق من ذلك الشخص الوهمي المسمى ألين، لكنها فشلت. وفي عام 1917، انكشف خداع داير، وتم فصله من الخدمة الحكومية.

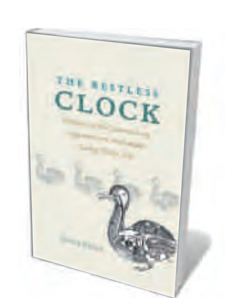
«شَيَّد داير متاهة من الأنفاق المبطَّنة بالطوب، وجَهَّزها بالأنوار الكهربائية».

على الرغم من سلوك داير المروِّع إزاء أقاربه وزملائه - حيث يذكر أنه وصف ماتيلدا كاربنتر أمينة مكتبة معهد سميثسونيان بأنها «وضيعة، ودائمة الصراخ» في رسالة بعث بها إلى رئيسها – إلا أن استغراقه الشديد في عمله كان مثيرًا للإعجاب، فبينما كان يحفر لتجهيز حديقة منزلية لزهور «الخطمية»، من أجل زوجته بيبودي، وجد نفسه على عمق مترين من سطح الأرض، فتَمَلَّكه الدافع إلى مواصلة الحفر. وكانت النتيجة أنه شَيَّد متاهة من الأنفاق المبطنة بالطوب، وجَهَّزها بالأنوار الكهربائية، وتماثيل رؤوس الحيوانات، ومقاطع من أشعار فيرجيل، وقد زعم داير أنه كان يَستخدم الأنفاق للتريُّض. ولا يملك أيُّ عالم أحياء إلا أن يُعجَب بما كان داير يوليه للحشرات ـ التي دَرَسَها ـ من احترام لا يفتر، فعندما شرعت الحكومة الأمريكية في إبادة البعوض في «حديقة يوسيميتي الوطنية» بولاية كاليفورنيا؛ احتج داير بقوله إن بضع لدغات ستكون «جيدة للمتنزهين، بل قد تضيف نكهة إلى أوقات انتظار الصيادين». ■

ويليام فوستر أمين قطاع الحشرات بمتحف الجامعة لعلم الحيوان بجامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة؛ ومُحاضِر أول بقسم علم الحيوان في جامعة كمبريدج، ورئيس تحرير دورية «بيولوجيكال ريفيوز» *Biological Reviews*.

البريد الإلكتروني: waf1@cam.ac.uk

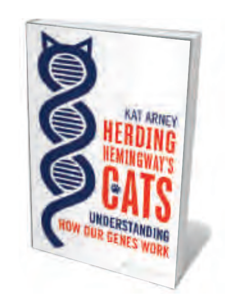
ملخصات كتب



الساعة التي لا تَكِلّ.. تاريخ الجدل المطوَّل بشأن ما يحرِّك عقارب الكائنات الحية

جيسيكا ريسكين، مطبعة جامعة شيكاجو (2016)

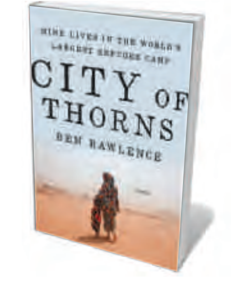
يقع مفهوم الفاعلية (القدرة على الفعل) في الطبيعة في قلب التاريخ العلمي والثقافي الذي يقدمه هذا الكتاب، حيث تكشف جيسيكا ريسكين عن ملابسات بزوغ تفسيرين ميكانيكيين مختلفين في عصر التنوير: التفسير السلبي لإسحاق نيوتن، المعتمِد على التدخل الإلهي لإصلاح الكون، وتفسير جوتفريد ليبنتز، الذي كان يرى أن الحياة غائية، و«متبدِّلة ذاتيًّا». يجد القارئ في استعراض ريسكين لهاتين النظريتين، ثم مرورها بعصر النهضة والتصنيع، ثم نظرية التطور وميكانيكا الكَمّ، معلومات ثرية ومثيرة للأذهان.



الاعتناء بقطط همنجواي.. محاولة لفَهْم كيف تعمل جيناتنا

كات أرني، بلومزبيري سيجما (2016)

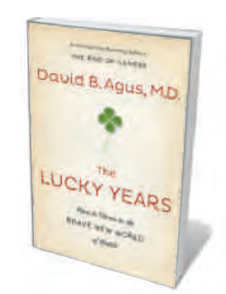
يُعَدّ هذا الكتاب بمثابة تقرير وافٍ معزَّز بالأدلة، يتناول أهم موضوعات علم الوراثة، تكشف فيه كات أرني ـ المذيعة المهتمة بتوصيل العلوم ـ عما ينطوي عليه هذا العلم من تعقيدات، بطريقة مرحة، من خلال تسليط الضوء على قطط همنجواي ذات الأصابع الزائدة، والسَّمَك ذي الأرداف، بالإضافة إلى حوارات صريحة مع علماء، مثل عالِم الأحياء التطوُّرية دان جراور. وتَختتِم الكتاب بمجموعة من الاستعارات الطريفة، التي لا تخلو من فائدة (منها تشبيهها الجينوم البشري بقناة فضائية مملّة، تعرض برامج مكررة)، ولا تتوانى في نقد الفجوات الهائلة، التي تتخلَّل فهْمنا للأمور، والنقاشات العلمية المدفوعة بالضغائن.



مدينة الأشواك.. تسعة أشخاص في أكبر مخيم للاجئين في العالم

بِن رولينس، بيكادور (2016)

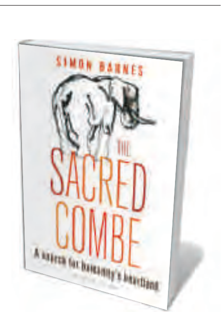
يُعَدّ مخيم «داداب» في الصحراء الكينية أكبر مخيم للاجئين في العالم، وهو بمثابة مأوى آمن أخير لحوالي نصف مليون شخص من الفارِّين من العنف الدائر في القرن الأفريقي. وفي هذه الدراسة السياسية الاجتماعية الجادة والمعمَّقة، يكشف الصحافي الاستقصائي بِن رولينس النقابَ عن الأوضاع المعقدة في مخيم داداب، من خلال استعراض لحياة تسعة من سكانه، تمكَّنوا من البقاء على قيد الحياة بشجاعة منقطعة النظير، بعدما انحرف واقعهم الثقافي عن مساره، ودُمِّرت مُدُنهم، وتمزَّقت عائلاتهم. إنّ هذا الكتاب بمثابة تذكِرة بأنه على الرغم من وجود آلاف اللاجئين على الحدود الأوروبية، إلا أن الملايين غيرهم يعانون من أمور كثيرة في المخيمات، قابعين بين «الأحلام المستحيلة، والواقع الكابوسي» على حدّ تعبير رولينس.



سنوات الحظ.. كيف تحرز نجاحًا في عالم الصحة الجديد

ديفيد بي. أجوس، سايمون آند شوستر (2016)

حاوَل أخصائي الأورام، والباحث في مجال الطب الحيوي، ديفيد أجوس ـ من خلال كتابه الأكثر مبيعًا «نهاية المرض» *End of Illness* (Simon & Schuster, 2012; see *Nature* **480**, 177; 2011) ـ إقناعنا بأهمية الرعاية الصحية الشخصية. ويفصِّل في هذا الكتاب الجديد ـ المتمِّم لما سبقه ـ إجراءات صحية عديدة، تشمل تقنيات الملاحظة، ومجموعات البيانات المركَّبة القابلة للتحليل، وتطبيقات الهواتف الذكية التي نالت النصيب الأوفر من الجدل باستخدامها للكشف عن الاكتئاب. وأقوى ما تَمَيَّز به الكتاب هو تنظيم أجوس البارع للأبحاث، القديم منها والحديث، والتوعية بأساليب الوقاية، مثل عادات النوم الصحية، ومعدَّل التمرينات الرياضية الأمثل (450 دقيقة في الأسبوع).



الوادي العميق المقدس.. بَحْث عن قلب الإنسانية النابض

سايمون بارنز، بلومزبيري ناتشورال هيستوري (2016)

لم يكن الكاتب سايمون بارنز ـ المهتم بالتاريخ الطبيعي ـ يدرك قبل لحظة اقتحام قطيع الأفيال لكوخه ذي السقف المصنوع من القش، أن وادي لوانجوا في زامبيا يطالب بحقِّه فيه. وقد زيَّن المؤلف بالجواهر الوصفية هذه الرحلة، التي جرت حلقاتها في براري ديفونشاير بأفريقيا، وفي ذاكرة تلك الأماكن الفردوسية التي تتعايش فيها أنواع الحيوانات مع بعضها البعض لوقت معين. فهنا على سبيل المثال.. يصف ظباء إيلاند، قائلًا: «هذه الحيوانات التي تزن طنًّا تتساق مع التيار كخيوط دخان شاحبة اللون»، ويصف كلب البحر بأنه «متسكع أنيق، يختلس النظر إلى السماء» كلما غطس في الماء ليتصيَّد غذاءه. **باربرا كايسر**

مراسلات

أسوار منع اللاجئين تمزق أوصال الحياة البرية

يمكن للأسوار الحدودية التي تُقام في أجزاء من أوروبا الآن ـ ردًّا على تدفق اللاجئين الهائل ـ أن تؤذي الحياة البرية، إذ إن الحيوانات قد تُقتل، إذا عُلِّقت بالأسلاك الشائكة، ويمكن أن تهدِّد التواصل بين مجتمعات الأنواع، وهو ما تم التوصل إليه بصعوبة.

تستحق الخسائر البشرية في أزمة اللاجئين أعلى قَدْر من الاهتمام السياسي، إلا أن أسوارًا كثيرة منصوبة تنتهك الالتزامات المفروضة بموجب اتفاقات الحفظ الدولية، كالدليل التوجيهي للموائل الخاص بالمفوضية الأوروبية. فمع فتح الحدود السياسية خلال القرن العشرين، أُعيد لَمّ شمْل جموع فصائل الحيوانات الأوروبية من جديد، نتيجة لمشروعات الحفظ العابرة للحدود، المدعومة بالتشريعات والإدارة الجيدة. أمّا الآن، فقد انتشرت الأسوار على طول حدود بلدان عديدة، مثل سلوفينيا، وكرواتيا، والمجر، ومن المقرر إقامة المزيد منها على طول حدود لاتفيا وإستونيا مع روسيا؛ وهو ما سيؤثر على الأرجح على فصائل الدب البني، والذئب، والوشق، والغزال الأحمر.

لذا.. ينبغي على معايير تخفيف حدّة الأزمة أن تتضمن تَبَنِّي برامج وطنية لإدارة عملية الحفظ، وذلك للتأكد من تمكُّن مجموعات الحيوانات المعزولة حديثًا من البقاء، وكذلك تصميم هياكل الأسوار، واختيار أماكن وضْعها بشكل مناسب؛ للتقليل من تأثيرها على الحياة البرية، وإزالتها في أقرب فرصة.

جون دي. سي. لينيل* المعهد النرويجي لبحوث الطبيعة، تروندهايم، النرويج.
john.linnell@nina.no

*بالإنابة عن 4 مراسلين (انظر: go.nature.com/fm6aaa؛ للتعرف على القائمة كاملة).

علاج مرض الهزال من عدة جهات

يُعتبر الدنف متلازمة معقدة من مرض الهزال، لا يمكن التعافي منها تمامًا بواسطة الدعم الغذائي وحده (انظر، على سبيل المثال، *Nature* **528**, 182–183; 2015)، إذ توضِّح الأدلة المتراكمة أن نهجًا علاجيًّا شاملًا متعدد الأساليب قد ينجح في تحقيق فوائد إكلينيكية ممتدة، فشل في تحقيقها العلاج التقليدي (مثل التغذية وحدها، أو العقاقير البنائية). وتدعم برامج إعادة التأهيل هذه المناهج العلاجية الجديدة (انظر، على سبيل المثال، M. A. Spruit *et al*. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. **188**, e13–e64; 2013).

إن فشل النهج التقليدي يشير إلى ضرورة إحداث تحوُّل في تصميم التجارب الإكلينيكية (K. C. H. Fearon *et al*. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* **6**, 272–274; 2015)، ما قد يتضمن مراقبة تأثير التمارين الرياضية والتغذية مجتمعين، إلى جانب التحكم في عملية التمثيل الغذائي، والالتهاب النظامي. وسيكون من الضروري اختبار هذه التدخلات مبكرًا، قبل أن يصبح المرض غير قابل للعلاج.

إنّ مدى تعقيد هذه التدخلات يصعِّب عملية تنظيمها وتمويلها، إذ قد تتطلب مشاركة البحث العلمي والحكومة وشركات الأدوية، وكذلك السلطات التنظيمية، بيد أن الفوائد الإكلينيكية المحتمَلة من شأنها أن تحسِّن جودة حياة المرضى، وربما تطيل أعمارهم على المدى البعيد أيضًا.

كينيث فيرون، جامعة إدنبرة، المملكة المتحدة.
k.fearon@ed.ac.uk

تم الإعلان عن المصالح المالية المتضاربة؛ انظر: go.nature.com/npxkyg.

الاتحاد الأوروبي يتجاهل الجيولوجيا

تحتاج المفوضية الأوروبية أن توسع سياسات الحفظ الخاصة بها؛ لتحمي تراثها الجيولوجي المهدَّد بشكل خطير. فحتى الآن، ركزت تشريعاتها لحفظ البيئة بشكل أساسي على التنوع الحيوي والموائل (انظر، على سبيل المثال، V. Hermoso *Nature* **528**, 193; 2015)، إلا أن الحفريات، والصخور، والمعادن، والتضاريس الأرضية كلها تسهم في تكوين المساحات الطبيعية الجيولوجية، والإرث الجيولوجي لأي بلد.

وتُعَدّ خصائص تلك التشريعات أحد الأساسات العلمية التي تتقاسمها كافة الدول، إلى جانب كونها موردًا تعليميًّا وثقافيًّا، وهي ضرورية لخدمات دعم التنوع الحيوي؛ فعلى سبيل المثال.. تؤوي المواقع الجيولوجية على المنحدرات الساحلية والمواقع الصخرية أنواعًا كثيرة من الطيور البحرية، وتحميها.

ولا يتضمن أيٌّ من الدليلين التوجيهيين الخاصين بالاتحاد الأوروبي ـ اللذين يخضعان حاليًّا للمراجعة (انظر: go.nature.com/vkm9r7) ـ العناصر غير الحية في إرث الطبيعة، وهو ما يجعل من الصعب استحثاث روح احترام عامة للخصائص الجيولوجية المهمة.

خوسيه بريلها، الجمعية الأوروبية لحفظ التراث الجيولوجي «ProGEO»؛ وجامعة مينهو، براجا، البرتغال.
jbrilha@dct.uminho.pt

ارتفاع أعداد السكان أمر غير مستدام

لقد أشرتم بشكل صحيح إلى أن النمو السكاني الأُسِّي السريع هو من قبيل الخرافة (انظر: *Nature* **528**, 322–325; 2015)؛ فمعدل النمو آخِذ في التباطؤ منذ عام 1970، ويرجع السبب في ذلك ـ بشكل كبير ـ إلى جهود التوعية التي تستهدف النساء والفتيات، وبرامج تنظيم الأسرة، لكن النمو السكاني لا يزال مصدر قلق كبير، لأن أعداد البشر وزياداتهم غير مستدامة حاليًّا.

ويشير تحليل البصمة البيئية ـ على سبيل المثال ـ إلى أن الأمر يتطلب 1.6 كرة أرضية؛ لإعاشة أعداد السكان الحالية، في ظل متوسط مستويات استهلاك الموارد (go.nature.com/xyohus). وهو متوسطٌ مِن المنتظر زيادته، في ظل التوسع في مستوى الاستهلاك الذي تطمح إليه الدول النامية. إضافة إلى ذلك.. نحن نمزق شبكة الحياة في الطبيعة بالحُكْم على عشرات الآلاف من الأنواع غير البشرية بالانقراض (G. Ceballow *et al*. *Sci. Adv*. **1**, e1400253; 2015). ويؤدي معدل النمو الإيجابي إلى جعل التأثيرات المدمِّرة للنمو السكاني على كوكبنا أسوأ من ذلك.

ريتشارد وايت* دورانجو، كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية.
rwhite@gobrainstorm.net

*بالإنابة عن 4 مراسلين (انظر القائمة الكاملة على: go.nature.com/kueb3g).

ليست خرافة.. فوائد فحص الثدي

إن محاولاتكم فضح «خرافة» أنّ عمل فَحْص للتأكد من وجود السرطان ينقذ الأرواح تظل غير متناسبة مع سرطان الثدي (*Nature* **528**, 322–325; 2015). وينبغي على النساء أن يعرفن الفوائد والأضرار المحتمَلة لفحص الثدي، بما فيها قدرته على تقليل فرص الوفاة من سرطان الثدي.

وقد استشهدتم بإحدى تجارب الفحوص العشوائية، التي لم تؤد إلى تقليل الوفاة الناتجة عن سرطان الثدي، لكن التحليل التجميعي المستقل ـ الذي تَضَمَّن 11 تجربة، مِن بينها تلك التي استشهدتم بها ـ يُظْهِر انخفاضًا إجماليًّا في الوفيات، نسبته 20% (M.G. Marmot *et al*. *Lancet* **380**, 1778–1786; 2012).

يكشف المزيد من التحليلات أن تلك التجارب التي خفَّضت الإصابة في مرحلة متطورة من المرض (المرحلة الثانية، أو أعلى من ذلك) هي الوحيدة التي خفَّضت الوفيات (L. Tabár *et al*. *Breast J*. **21**, 13–20; 2015). هذا الارتباط يدعم الفكرة القائلة إنّ تقليل فرص الإصابة بمرحلة متطورة من سرطان الثدي باستخدام طرق أخرى للفحص، من المنطقي أن يقلِّل الوفيات. وعلى سبيل المثال.. الجمْع بين التصوير الإشعاعي للثدي، والتصوير بالرنين المغناطيسي يقلل من فرص أن يتم تشخيص النساء المعرَّضات بشدة لخطر سرطان الثدي في مرحلة متأخرة من المرض (E. Warner *et al*. *J. Clin. Oncol*. **19**, 3524–3531; 2001).

يُعتبر الفحص مفيدًا كذلك، لأن الرصد المبكر للمرض يقلل من الحاجة إلى استئصال الثدي، أو العلاج الكيميائي. وكلما زادت فاعلية العلاجات المستخدمة؛ فإن فوائد الفحص على صعيد الوفيات من المتوقع أن تقل، لكن الفوائد الأخرى ستبقى كما هي.

جيرمي بيرج، و**ويندي بيرج**، جامعة بيتسبرج، بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
jberg@pitt.edu

اشتراط إجادة اللغة يقف في وجه العقول

لقد بات من غير المرجَّح تعيين حتى الحائزين على جائزة «نوبل» في هيئات التدريس بكليات العلوم داخل العديد من أفضل الجامعات في إسبانيا. وهذا الموقف العبثي سببه اشتراط الطلاقة في اللغة الإسبانية، أو اللغة المحلية للجامعة، كشرط للحصول على وظيفة ثابتة في الجامعات الإسبانية. ويهدف هذا القيد إلى تدعيم اللغات المحلية، لكنه يحطِّم الآمال في جذب العقول اللامعة من الخارج إلى منظومتنا.

كما تشترط الدعوة الوطنية لتخصيص زمالات ما قبل الدكتوراة في عام 2016 ـ وهو البرنامج الوحيد في إسبانيا الذي يموِّل مرشحي الدكتوراة ـ حصول المتقدِّمين على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

دبلومة متوسطة في اللغة الإسبانية، أو في اللغة الرسمية المحلية. ونحن لا نشكِّك في ضرورة حماية كافة لغاتنا، التي تُعَدّ جزءًا مهمًّا من ثقافتنا، لكن العلوم ضَرْبٌ من المعرفة، ينبغي أن تكون فيه للمحتوى أولوية على الشكل. وبدلًا من ذلك.. ينبغي علينا أن نحذو حذو جامعات أخرى، توفِّر مصاريف دراسة اللغة ـ إذا لزم الأمر ـ حالما يتم شغل المنصب.

إن إسبانيا لا يمكنها تحمُّل المزيد من المناورات في العلوم، التي تُعَدّ مهدَّدة بالخطر بالفعل، بسبب الأزمة المالية العالمية، والسياسات العلمية قصيرة الأمد، المثيرة للشكوك.

بو كارازو، **وإنريك فونت**، جامعة فالنسيا، إسبانيا.
pau.carazo@uv.es

إنشاء الأمانة العامة للغلاف الجوي

نطالب نحن الموقعين أدناه الدول العشرين ـ وهي الدول الأكثر تعرُّضًا لآثار التغيرات المناخية V20 ـ بأَخْذ زمام المبادرة، وإنشاء «أمانة عامة للغلاف الجوي»، تتكفل بتنظيم حقوق ملكية مشتركة للمنطقة العامة من الغلاف الجوي (www.claimthesky.org). ويمكن للدول العشرين الاستفادة من هذا الاتحاد كآليّة قانونية لمعالجة الأزمة المناخية، ولتنفيذ بنود «اتفاق باريس»، التي تم التوصل إليها في ديسمبر الماضي؛ للحفاظ على معدَّل ارتفاع درجات الحرارة أقل من درجتين مئويّتين.

وبموجب القاعدة القانونية للأمانة العامة، يجب إدراج بعض الموارد الطبيعية ـ كالتربة، والماء ـ ضمن هذا الاتحاد؛ لخدمة الصالح العام. كما يجب أن تتحمل كل حكومة ـ باعتبارها أحد الأمناء ـ مسؤولياتها في حماية هذه الأصول كرأس مال طبيعي، والمحافظة عليها للصالح العام، وعدم التنازل عنها أو بيعها لجهات خاصة؛ حيث يمثِّل الغلاف الجوي العالمي أحد هذه الأصول.

إضافة إلى ذلك.. سيؤدي هذا الاتحاد دورًا مهمًّا كهيئة مستقلة وأمانة عامة، حيث سيتولى تحصيل مطالبات التعويض عن الأضرار التي لحقت بالغلاف الجوي، واستثمار الأموال في التخفيف من آثار هذه الأضرار، وإصلاحها، والتعويض عنها، فضلًا عن استثمارها في الموارد المخصَّصة للشعوب الأكثر تضررًا. وتجدر الإشارة إلى أن عدد الشركات المسؤولة عن ثلثي انبعاثات الكربون في العالم يبلغ 90 شركة فحسب، تعمل أساسًا في الصناعات الاستخراجية (R. Heede *Clim. Change* **122**, 229-241; 2014)؛ مما سيجعل عدد الكيانات التي يمكن استهدافها عن طريق مطالَبات التعويض عن الأضرار قليلًا نسبيًّا.

وبموجب هذا الإجراء، ستصبح الحكومات كلها في نهاية المطاف بمثابة أمناء مشاركين في المنطقة العامة من الغلاف الجوي، وستتحمل الحكومات ـ بموجب ذلك ـ المسؤولية الائتمانية في حمايته من الانبعاثات الكارثية للغازات الدفيئة.

روبرت كوستانزا* الجامعة الوطنية الأسترالية، أكتون، أستراليا.
Robert.costanza@anu.edu.au

*بالإنابة عن 31 مراسلًا. وللاطلاع على القائمة الكاملة، (انظر: go.nature.com/52f8mt).

الطاقة الشمسية تحتاج إلى تركيز

تقف التكلفة الباهظة لمنشآت الطاقة الكهروضوئية عائقًا أمام إسهام هذه المنشآت في توفير أكثر من 1% من احتياجات العالَم من الكهرباء. ويكمن حل هذه المشكلة في إدراج مكثِّف بصري ضمن وحدة الطاقة الكهروضوئية؛ لتوفير تكلفة المواد باهظة الثمن، دون المساس بإنتاج الطاقة الكهربائية.

تركِّز المكثفاتُ البصرية الطاقةَ الشمسية في مساحة صغيرة ملحقة بخلية كهروضوئية (P. Gleckman *et al*. *Nature* **339**, 198–200; 1989)، وبرغم ذلك.. تراجعت هذه التقنية، بسبب عمليات التصنيع والتجميع المعقدة، وتَدَنِّي مستوى كفاءة التحويل الكهربائي، ونقص التمويل، والسياسات الحكومية.

لذا.. يتعيَّن على الباحثين، والمؤسسات الصناعية، والحكومات العمل معًا لحل المشكلات الفنية المرتبطة بهذه التقنية الواعدة، والتوصل إلى تصميم عملي جاهز للتصنيع؛ لإنعاش سوق الطاقة الشمسية.

أبو بكر منير، جامعة مالايا، ماليزيا.
فردوس محمد سوكي، جامعة روبرت جوردون، أبردين، المملكة المتحدة؛ وجامعة ماليتيميديا، سيلانجور، ماليزيا.
نورول عيني باني جامعة التقنية الماليزية، ماليزيا.
f.b.muhammad-sukki@rgu.ac.uk

موريشيوس تقتل الخفافيش المهدَّدة

قامت جزيرة موريشيوس بالتخلص من 20 ألف من الثعالب الطائرة «*Pteropus niger*»، وهو آخِر نوع محلّي من خفافيش الفاكهة، الذي لا يزال متبقيًا في الجزيرة؛ في محاولة لتقليص الدمار الذي يلحق بمحاصيل فواكه الليشي Lychee، والمانجو. ومن المثير للسخرية، أن هذا الفعل تم تبريره وفقًا لقانون شُرّع في أواخر عام 2015؛ من أجل حماية التنوع الحيوي الغني الخاص بالدولة.

ويتم تصنيف الخفاش *Pteropus niger* من قِبَل «الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة» كأحد الأنواع المهدَّدة بالانقراض، والمندرجة تحت فئة الأنواع «الهشة»، وقد تمت حمايته بموجب القانون السابق (F. B. V. Florens *Science* **336**, 1102; 2012).

وينص قانون عام 2015 على وجود لجنة تنفيذية خاصة، مهمتها تقديم النصح للسلطات في حالة التخلص من أحد الأنواع الحية؛ من أجل «الصالح العام»، لكن قرار الإبادة قد أُعلن عنه في البرلمان قبل تشريع القانون الجديد، وقبل إنشاء اللجنة، وقد بدأت الإبادة في غضون أيام من تفعيل القانون.

إن التنوع الحيوي الموجود في موريشيوس هو من بين الأنظمة البيئية الأكثر عُرضة للخطر في العالم، وعلى المستهلكين أن يكونوا على درجة عالية من الوعي والمعرفة؛ ليقرروا ما إذا كانوا سيدعمون صناعة الفاكهة ـ التي في رأيي.. لم تكترث بشأن البيئة والمواثيق الدولية ـ أم لا.

إف. بي. فينسنت فلورنز، جامعة موريشيوس، ريدوي، موريشيوس.
vin.florens@uom.ac.mu

تسجيل براءات اختراع النباتات المُعَدَّلة وراثيًّا

يثير تطوير نباتات ومحاصيل زراعية مُعَدَّلة وراثيًّا معضلة تتعلق بحماية حقوق الملكية الفكرية (انظر: *Nature* **528**, 319–320 (2015) and *Nature* **529**, 265 (2016)). ونحن نرى أن مِن مصلحة جميع الأطراف أن تتاح المعلومات العلمية الخاصة بتلك التقنيات للجميع، دون تسجيلها كبراءات اختراع.

ولا يمكن لمؤيدي تقنيات التحرير الجيني أن ينتفعوا من الناحيتين؛ فهم يأملون في ألّا تُصَنَّف النباتات ضمن الكائنات المعدلة وراثيًّا، كي يخففوا من مخاوف العامة، لكن هذا يعني وقوع النباتات تحت مظلة حماية «الاتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية الجديدة» UPOV، الذي لا يقوم بتسجيل براءات الاختراع.

وقد ذكر تقريرٌ صادر عن المجلس العلمي الخاص بالمعهد القومي الفرنسي للبحوث الزراعية «INRA» أنه لا يجب أن تُسَجَّل النباتات المزروعة بأي طريقة كبراءة اختراع (انظر: go.nature.com/sp15nf باللغة الفرنسية)، وهو الرأي الذي صدّق عليه مجلس الشيوخ الفرنسي، فبراءات الاختراع تُمنح للاختراعات، وليس للاستثمار في عمليات الاستكشاف، أو تحوير الجينات والتسلسلات الطبيعية.

جون آر. بورتر، جامعة كوبنهاجن، الدنمارك.
جين لويس دوراند، إنرا URP3F، لوزينيو، فرنسا.
تالين إلمايان، مركز إنرا فيرساي جرينيو، فرنسا.
jrp@plen.ku.dk

تقييد الحياة البرية في التِّبت

تُعَدّ هضبة التبت بؤرة مفعمة بالتنوع الحيوي، الذي يحظى ثلثاه تقريبًا بالحماية، لكن هذه الجهود المبذولة لحفظ الحياة البرية أصبحت مهدَّدة، بسبب الأسوار التي تُبنى لحصر نطاقات الحيوانات، وكذلك توسيع الطرق والسكك الحديدية.

وتهدِّد هذه المشروعات عمليات الحفاظ على الطبيعة، وصحة النظم البيئية في المنطقة. ومن بين الحيوانات المتأثرة بهذا الوضع.. الحيوانات العاشبة المهاجرة البرية، مثل الظبي التبتي (Pantholops hodgsonii)، وغزال برزوالسكي (Procapra przewalskii)، وكلاهما من الأنواع المهددة، ويحتاجان مساحات واسعة من المراعي؛ لتحفيز انتقال الجينات عبر الأجيال.

وتشتمل هضبة التبت حاليًّا على مساحة 51300 كيلومتر من الطرق. ومن المخطَّط له إنشاء المزيد من الطرق، إضافةً إلى سكك حديدية كثيرة؛ لربط الحدود الدولية (انظر: go.nature.com/whuz3z).

وتُستخدم السياجات لتحديد نطاقات المزارع، وللمساعدة في طرق الزراعة الدورانية؛ من أجل تقليل تدهور المروج (انظر، على سبيل المثال، Z. Q. You *et al*. *Chinese Sci*. *Bull*. **58**, 2262–2268; 2013). ولا تملك سلطات الحفاظ على البيئة القوة الكافية لتخطي سياسة الحكومة تلك، التي تدعمها المِنَح التي تعوِّض العائلات المحلية عن عمليات إنشاء السياجات.

ويجب على صناع السياسات أن يتعاونوا معًا؛ لتفادي التهديدات المتراكمة للأنواع وشبكاتها الغذائية في تلك النظم البيئية الجبلية المميزة والمهمة.

ويهونج جي، **أنشوت إربال**، جامعة ماسي، أوكلاند، نيوزيلندا؛ وجامعة جانسو الزراعية، الصين.
يونهو سو، جامعة جانسو الزراعية، الصين.
j.j.weihong@massey.ac.nz

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ألفريد جودمان جيلمان

(1941–2015)

أخصائي علم الصيدلة، الذي حاز على جائزة «نوبل»؛ لاكتشافه «بروتينات جي».

اكتشف ألفريد جودمان جيلمان «بروتينات جي» ذات التكوين الثلاثي المُغاير، التي تساعد في توجيه الإشارات الكيميائية داخل الخلايا. وبفضل هذا الإنجاز، الذي أعاد تشكيل فَهْمنا لطريقة عمل الهرمونات والأدوية، حاز جيلمان على جائزة «نوبل» لعام 1994 في الطب أو علم وظائف الأعضاء، مناصفةً مع مارتن رودبِل.

وصلت إنجازات جيلمان في مجال بحوث الطب الحيوي والتعليم إلى ما هو أبعد بكثير. فلقد قام بتحرير عدة إصدارات من الكتاب المهم «الأساس الصيدلاني للعلاجات» ـ أو «دليل جودمان وجيلمان» ـ الذي انتفعت به أجيال من طلبة وخريجي الطب. وقد ترأس قسم الصيدلة بالمركز الطبي الجنوب غربي بجامعة تكساس في دالاس، من عام 1981 إلى 2004، وأصبح عميدًا في عام 2004، ومديرًا جامعيًّا في عام 2006. وبحلول عام 2009، عُيِّن مسؤولًا علميًّا أول بمعهد تكساس لأبحاث دراسة السرطان والوقاية منه «CPRIT»، الذي أُنشئ بتمويل حكومي، قدره 3 مليارات دولار أمريكي. وتُوفي في 23 ديسمبر 2015.

وُلِد جيلمان في شهر يوليو من عام 1941 في مدينة نيو هيفن بولاية كونيتيكت، وفي فمه «ملعقة علمية من فضة»، على حد تعبيره؛ فوالده هو عالِم الصيدلة العظيم ألفريد جيلمان الأب، مؤلف الكتاب المرجعي المذكور آنفًا، بالاشتراك مع زميله وصديقه المُقرَّب لويس جودمان. ولقد منح جيلمان الأب ابنه الاسم الأوسط «جودمان»، تَيَمُّنًا بصديقه. وفي طفولته استمتع جيلمان الابن بالجولات في معامل والده بجامعة كولومبيا، وبكلية ألبرت أينشتاين للطب بنيويورك.

وبعد حصوله على درجة علمية في الكيمياء الحيوية من جامعة ييل في نيو هيفن في عام 1962، التحق بأحد أول برامج الماجستير- الدكتوراة في الطب بالولايات المتحدة في جامعة «كيس ويسترن ريزيرف» بمدينة كليفلاند بأوهايو. تولَّى إدارة البرنامج العالِم الحائز على جائزة «نوبل»، إيرل سوثرلند، مكتشِف الأدينوسين الحلقي أحادي الفوسفات cyclic AMP، وهو الجزيء الأساسي الذي يعمل ناقلًا خلويًّا. وهناك، تَعَزَّز اهتمام جيلمان بآليات التأشير الخلوية. تبع ذلك بحثه لما بعد الدكتوراة بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية في بيثيسدا، ميريلاند، بالاشتراك مع مارشال نيرنبرج، الحائز على جائزة «نوبل» أيضًا. وبحلول عام 1970، وفي معمل نيرنبرج، طَوَّر جيلمان بنفسه تقنية حساسة؛ للكشف عن الأدينوسين الحلقي أحادي الفوسفات، تم اعتمادها فورًا على نطاق واسع.

أمّا اكتشافه لمجموعة بروتينات جي ـ المكونة من ثلاث وحدات مختلفة (heterotrimeric G proteins)، أثناء عمله عضوًا بهيئة التدريس بجامعة فيرجينيا في تشارلوتسفيل ـ فهو ما أحدث ثورة في مجال التأشير الخلوي. ففي السبعينات، كانت الأدلة تشير ـ بشكل متزايد ـ إلى أن مستقبِلات الهرمونات الداخلة في التأشير الخلوي هي بمثابة وحدات مستقلة في الغشاء



DAVID GRESHAM/UTSOUTHWESTERN

البلازمي. تقصَّى جيلمان مع تلميذه إليوت روس هذا الأمر، مستخدمَين أغشية مبطنة للخلية الليمفاوية، تُدعى cyc^-. وقد اتضح أن هذه الخلايا تفتقد إنزيم محلقة الأدينيلات adenylyl cyclase الأساسي، الذي يحفز تكوين الأدينوسين الحلقي أحادي الفوسفات، بينما احتفظت الخلايا بالمُستقبِلات الأدرينالية من نوع «بيتا»، التي ترتبط بجزيئات تُدعى الكاتيكولامينات، ويندرج تحتها هرمون الأدرينالين. وتحفِّز هذه الرابطة إنزيم محلقة الأدينيلات، مما يزيد من معدَّل تكوين الأدينوسين الحلقي أحادي الفوسفات.

أضاف جيلمان وروس إلى أغشية cyc^- مستخلَصًا من بطانة خلية أخرى، وهي خلايا «L» الموجودة في الفأر، التي تحتفظ بنشاط الإنزيم، لكنها تخلو من مستقبِلات الهرمون. ولِحُسْن حظهما، نجح هذا النظام «المُعاد تكوينه»، ونتج عنه إنزيم محلقة الأدينيلات الحساس للهرمونات. ورغم ذلك.. أظهرت التجارب الضابطة أن المستخرجات التي لم يكن الإنزيم مفَعَّلًا فيها ـ باستخدام الحرارة، على سبيل المثال ـ ظلت قادرة على إنتاج إنزيم حساس للهرمون، المعاد تكوينه بشكل كامل.

لقد أظهرا من خلال تجاربهما المبتكرة أن هذه المستخلصات تحتوي على عنصر تنظيمي غير معروف حتى هذه اللحظة، ولا ينحل بالحرارة، وهو لازم لنشاط إنزيم محلقة الأدينيلات، في حين أن خلايا cyc^- لم تحتوِ فعليًّا على الوحدات المحفِّزة للإنزيم، وبالتالي لم تتم تسمية العنصر التنظيمي حتى الآن. لقد أطلقا على العنصر الجديد $G_s\alpha$، وهو الوحدة الفرعية «ألفا»، الخاصة ببروتين جي، لأنها ترتبط بالجوانوسين ثلاثي الفوسفات «GTP»، وتمنح كلًّا من الهرمون ومركب الجوانوسين ثلاثي الفوسفات حساسية لإنزيم محلقة الأدينيلات.

وباستخدام تجربتهما مُعادة التكوين، قاما بتنقية البروتين، وتحديد تتابع حمضه النووي، ونُشِر اكتشافهما في سلسلة من الأوراق العلمية بين عامي 1977، و1978 (E. M. Ross and A. G. Gilman *J. Biol. Chem.* **252**, 6966-6969; 1977; and E. M. Ross *et al. J. Biol. Chem.* **253**, 6401-6412; 1978)، مثبتَيْن صحة توقُّع رودبِل بوجود بروتين وسيط يربط مستقبِلات الهرمون في الخلية بكل من إنزيم محلقة الأدينيلات، والإشارات ما بين الخلوية. وخلال الخمسة عشر عامًا التي تلت، زاد عدد بروتينات جي ذات التكوين الثلاثي المُغاير المعروفة، حتى وصل إلى حوالي 20 بروتينًا، تلعب دورًا في جميع العمليات الفسيولوجية في الكائنات الحية، بداية من الخميرة، حتى الثدييات. وركَّزت بحوث جيلمان التالية مع ستيفن سبرانج على التوصيف المُفَصَّل لخصائص عديد من بروتينات جي، وإنزيم محلقة الأدينيلات الذي تنظمه، عن طريق فحص بلّورات تلك البروتينات بالأشعة السينية.

كان لدى جيلمان أسلوب متميز في الحديث والكتابة. وكان يوجه الكثير من النقد، لا لأعمال الغير فقط، بل لعمله هو أيضًا، وكانت سخريته اللاذعة تتعدى الحدود، إذا شعر أن عملًا ما ليس ـ في رأيه ـ على الوجه الأكمل. كان محبوبًا من تلاميذه الذين أخلص لهم بشدة. يتذكره تلاميذه باعتباره مرشدًا، لا يتدخل في عملهم، لكنه ـ مع ذلك ـ ودود ومُلْهِم، غرس فيهم حس الدقة والنزاهة. تجلَّت نزاهة جيلمان الشخصية عندما استقال في عام 2012 من «معهد تكساس لأبحاث دراسة السرطان والوقاية منه»، احتجاجًا على التدخل غير المُبَرَّر للعوامل السياسية والاقتصادية في اعتماد المِنَح.

كان حسّ الدعابة لدى ألفريد يجد أحيانًا طريقه لأعماله المنشورة. فقد وصف مثلًا حالة النشاط المستمر لإنزيم محلقة الأدينيلات التي يحفزها نوعٌ معين من نيوكليوتيدة الجوانين بـ«الحالة P»، (من كلمة priapic، وتعني «الانتصابي»)، لأن «مستوى تحفيز الإنزيم كان في ارتفاع مستمر».

عَبَّر ألفريد ذات مرة عن دور الصدفة في الاكتشافات العلمية بقوله: «إنّ السر في قدرتك على أن تميِّز الحظ الجيد يكمن في أن تغتنمه بمجرد أن يأتي، ثم تفعل ما في استطاعتك لتحقيق الاستفادة القصوى منه». وقد حقَّق ألفريد بالتأكيد الاستفادة القصوى من حظه الجيد منذ البداية، لكونه سليل علماء عظام. ■

روبرت جيه. ليفكفيتز باحث بمعهد هوارد هيوز الطبي، وأستاذ للطب في جامعة ديوك في دورهام، كارولينا الشمالية، الولايات المتحدة. تداخلت اهتماماته البحثية مع اهتمامات ألفريد جيلمان،
وكانا صَدِيقَين وزميلَي عمل لأكثر من 40 عامًا.
البريد الإلكتروني: lefko001@receptor-biol.duke.edu

ميكروبيوم

أليــاف من أجــل المستقــبل

وجدت الأبحاث أن افتقار النظم الغذائية إلى الألياف على المدى الطويل يقلل من التنوع البكتيري الموجود في أمعاء الفئران. ولا ينعكس هذا التأثير بشكل كامل مع إعادة إدخال الألياف إلى النظام الغذائي، بل تزداد شدته جيلًا بعد جيل.

إريك سي. مارتنز

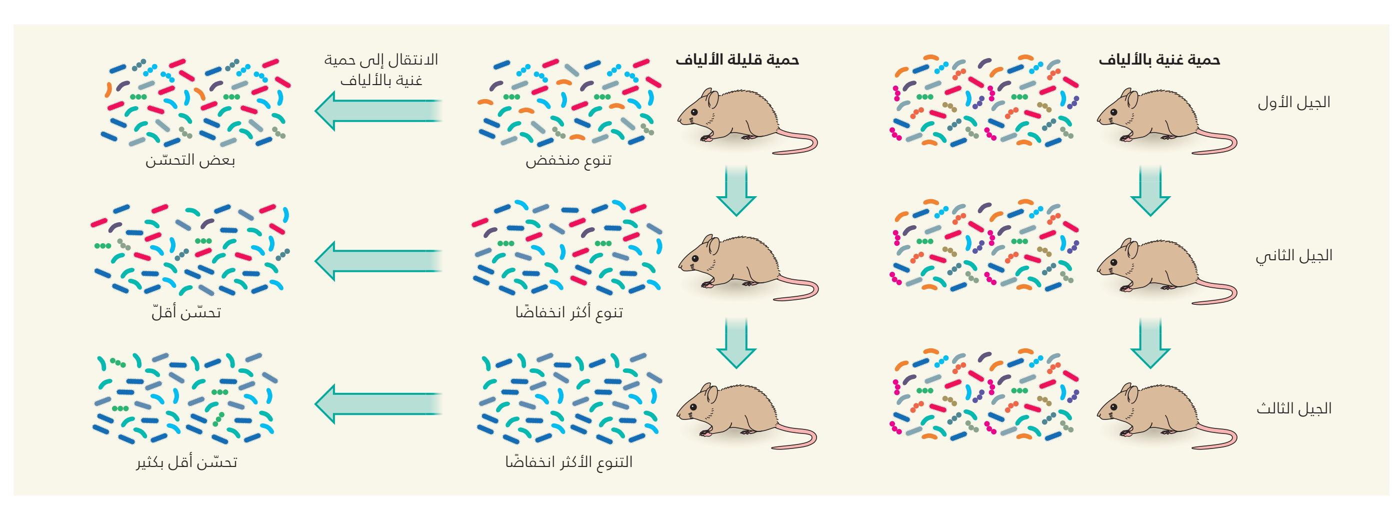
إن أولئك الذين يعيشون في الدول الصناعية عادةً ما يستهلكون بشكل يومي كميات من الألياف في نظمهم الغذائية أقل بكثير من الكمية الموصى بها، وهي 25 إلى 38 جرامًا. وعلى مدى عدة عقود، دأب الأطباء وخبراء التغذية على مطالبتنا بزيادة تناولنا للألياف؛ للمساعدة على درء الأمراض، بدءًا من أمراض القلب، إلى الاضطرابات المعوية.

تتعدد الآليات التي تعمل بها الألياف على المساعدة في تنظيم الصحة، إذ إن أحد أدوارها هو الحفاظ على الكائنات المجهرية التي تستوطن أمعاءنا. ومن ثم، كشفت أبحاث سونبرج وزملائه[1] ـ المنشورة حول هذا الأمر ـ أن نقص الألياف في النظام الغذائي يؤدي إلى خسارة كبيرة في تنوع هذا المجتمع الميكروبي، كما يؤثر على قدرة البكتيريا المعوية على الانتقال من الآباء إلى الأبناء. ويبدو أن مجرد العودة إلى تناول الألياف ليس كافيًا لعكس هذا التأثير السلبي بعد انتقاله إلى الأجيال اللاحقة.

إن "الألياف" التي تُكتب كميتها على الملصقات الغذائية تشير إلى مجموعة متنوعة، تتضمن عشرات الجزيئات المختلفة، غالبيتها من جزيئات الكربوهيدرات المعقدة (وهي سلاسل من السكريات البسيطة ـ مثل الجلوكوز ـ الخطية والمتشعبة)، بيد أن الجينوم البشري يرمّز حوالي 12 إنزيمًا فقط من الإنزيمات الهاضمة المستهدفة لتلك الجزيئات. كما تشمل الألياف الغذائية أيضًا جزيئات البوليمر، التي لا يمكن تكسيرها بواسطة هذه الإنزيمات. ومع ذلك.. فإن هذه العناصر الغذائية لا تذهب سدى، إذ تعمل الكائنات المجهرية المتنوعة التي تطورت لتستوطن أمعاء الإنسان ـ والتي تُدعى مجهريات البقعة المعوية ـ على إنتاج آلاف الإنزيمات التي تستهدف الألياف الغذائية[2-4] بشكل خاص، وتنتج بعض الأنواع الفردية من تلك الميكروبات أكثر من 300 نوع من هذه الإنزيمات[5]. تقوم الميكروبات بتخمير السكريات المتحررة، محوِّلة إيّاها إلى أحماض دهنية قصيرة السلسلة، تُستخدم كوقود للخلايا المعوية، وتؤثر على الفسيولوجيا الجهازية، وعلى تطور الاستجابات المناعية[6].

تتكون مجهريات البقعة المعوية الخاصة بكل شخص من مئات الأنواع البكتيرية المختلفة، فلا نملك جميعًا المجموعات نفسها، بل تُشتق ميكروبات كل منا من مجموعة أكبر من الكائنات المستوطنة، وهو ما يحدث بناءً على الاختلاط بالوالدين، وبالبيئة المحيطة عند الولادة. وإذ تنتمي ميكروبات كثيرة تعيش في أمعاء الإنسان إلى تلك المجموعات تحديدًا، فهي تعتمد على إتمام الانتقال بين الأجيال بنجاح؛ لتجنب انقراضها.

وللبحث في تأثير استبعاد الألياف من الغذاء لفترات طويلة على مجهريات البقعة، قام سونبرج وزملاؤه بزرع عيّنة من براز إنسان في أمعاء فئران خالية من البكتيريا، وكانت العينة ممثلة لمجهريات البقعة المعوية. ومن ثم، بدأوا بتغذية الفئران، إما بنظام غذائي غني بالألياف، أو بنظام يحتوي على ألياف قليلة فقط، قُدّمت لهم في هيئة يصعب وصول مجهريات البقعة إليها. وبعد عدة أسابيع من عدم تناول المجموعة الأخيرة للقدر الكافي من الألياف، ظهر انخفاض في توافر عدد كبير من المجموعات البكتيرية التي كانت موجودة في السابق (الشكل 1)، بينما ظلت موجودة في المجموعة الأولى. وحين أعيدت الفئران التي كانت تتغذى على القليل من الألياف إلى نظام غذائي عادي، وتُركت لتتعافى لعدة أسابيع؛ عاد عدد كبير من مجموعات الميكروبات تلك إلى الظهور في الأمعاء، إلا أن بعضها فشل في العودة إلى مستوياته السابقة؛ ما أشار إلى أن التحولات



الشكل 1 | فقدان التنوع. وجد سونبرج وزملاؤه[1] أن الفئران التي اتبعت حمية غذائية قليلة الألياف كان التنوع البكتيري في مجهريات البقعة المعوية لديها أقل من الفئران التي تناولت الكثير من الألياف. في فئران الجيل الأول، كان يمكن لمعظم ـ وليس كل ـ هذا التنوع أن يتم استرجاعه مع تحول الفئران التي تتبع حمية غذائية قليلة الألياف إلى اتباع حمية غنية بالألياف، لكنْ وجد الباحثون أن فقدان التنوع كان أكبر في كل جيل تالٍ بقي على نظامه قليل الألياف، وأن درجة التعافي تراجعت كذلك، مشيرة إلى انقراض بعض الأنواع الميكروبية.

الغذائية طويلة الأمد يمكنها إحداث تغيرات، تستمر حتى بعد تحسين النظام الغذائي.

عزم الباحثون بعد ذلك على البحث في كيفية تأثير تناول الألياف على مجهريات البقعة على مدى الأجيال، فسمحوا للفئران التي زُرعت فيها بكتيريا بشرية ـ من المجموعتين ـ بالتزاوج مع أقرانها من المجموعة نفسها، كي تنتقل مجهريات البقعة بشكل طبيعي إلى الأبناء، عن طريق التلامس مع الأم. ومن ثم، أوضحت النتيجة أن الأبناء المولودين من أم وأب من المجموعة التي اتبعت حمية غذائية قليلة الألياف، يقل تنوع مجهريات البقعة لديهم، بغضّ النظر عما إذا كانوا قد تغذوا على النظام الغذائي نفسه الذي اتبعه الوالدان، أَمْ على نظام غني بالألياف. وللمفاجأة، تفاقَم الأمر في الأجيال الأربعة اللاحقة، وقلّ التنوع أكثر وأكثر. كما أن المحتوى الجيني المستخلَص من البكتيريا التي بقيت موجودة بعد أربعة أجيال أشار إلى انخفاض وجود عدد من العائلات الإنزيمية التي تفكك الألياف؛ إلا أنه ما زالت هناك حاجة إلى مزيد من العمل؛ لمعرفة ما إذا كان قد حدث تراجع بالفعل في القدرة العامة على تفكيك الألياف، أم لا.

وللبحث في إمكانية تخفيف هذه الآثار عن طريق تغيير النظام الغذائي، وضع سوننبرج وزملاؤه عددًا من الفئران من كل جيل من الأجيال التي حُرِمت من الألياف على حمية غذائية غنية بها. فلم يستطع أي من الأجيال استعادة التنوع المفقود (الشكل 1)، لكن زرع عينة براز من الفئران التي كان غذاؤها غنيًّا بالألياف في تلك التي حُرمت منها نجح في استعادة معظم البكتيريا المفقودة. وبذلك.. يتضح أكثر وأكثر أن مجهريات البقعة المعوية لدى المنتمين إلى المجتمعات التي تتضمن نُظُمها الغذائية كميات أقل من الأطعمة المعالجة، وكميات أكثر من الألياف، تختلف عن تلك الموجودة لدى الأفراد الذين يعيشون في البلدان الصناعية، وغالبًا ما تضم تنوعًا أكبر من الميكروبات[7-9]؛ فقد تطورت البكتيريا المتعايشة مع تطور البشر، وهي تتحمل العبء الأكبر في هضم جزيئات الكربوهيدرات المعقدة. وليس معلومًا ما إذا كان جزء من هذه الآلية قد فُقد بالفعل في البعض، أم لا، وإلى أي مدى، لكننا قد نتوجه في المستقبل إلى تركيبات البروبيوتيك، المشتقة في الغالب من البشر أو الحيوانات التي لم تُحدّ مجهريات البقعة المعوية الخاصة بها بعد، عن طريق النظام الغذائي قليل الألياف؛ لنستعيد الوظائف الأساسية التي فُقدت.

تتلقّى مصادر الكربوهيدرات سمعة سيئة في الحِمْيَات الغذائية المبتدَعة "fad diets"، إذ يرجع ذلك بشكل كبير إلى نوع الكربوهيدرات البسيطة ـ مثل الجلوكوز، والفركتوز ـ التي تتخلل النظم الغذائية الغربية، وتزوِّدنا بفائض من السعرات الحرارية بشكل سهل. أما النوع المعقد منها، الموجود بشكل طبيعي في النباتات والحبوب الكاملة ومجموعة متنوعة من المصادر الأخرى، فيجب تناوله بكميات أكبر. وفي كتاب مُوَجَّه إلى العامة، نُشر في العام الماضي، لاثنين من العاملين على هذه الدراسة، يحمل اسم "الأمعاء الجيدة"[10] *The Good Gut*، تم استعراض التفاعل الذي يحدث بين النظام الغذائي ومجهريات البقعة، والصحة، إلى جانب وصفات أطعمة غنية بالألياف. وربما يدفعك ذلك إلى أن تختار أن تتناول طَبَقًا من السلطة على الغداء اليوم، أو كمية إضافية من الفول على العشاء.. فقد تشكرك الأجيالُ القادمة على ذلك. ■

إريك سي. مارتنز يعمل في قسم الأحياء المجهرية والمناعة، كلية الطب بجامعة متشيجان، آن آربر، متشيجان 48109، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: emartens@umich.edu

1. Sonnenburg, E. D. *et al. Nature* **529,** 212–215 (2016).
2. Martens, E. C. *et al. PLoS Biol.* **9,** e1001221 (2011).
3. Larsbrink, J. *et al. Nature* **506,** 498–502 (2014).
4. Cuskin, F. *et al. Nature* **517,** 165–169 (2015).
5. El Kaoutari, A. *et al. Nature Rev. Microbiol.* **11,** 497–504 (2013).
6. Smith, P. M. *et al. Science* **341,** 569–573 (2013).
7. De Filippo, C. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **107,** 14691–14696 (2010).
8. Clemente, J. C. *et al. Sci. Adv.* **1,** e1500183 (2015).
9. Schnorr, S. L. *et al. Nature Commun.* **5,** 3654 (2014).
10. Sonnenburg, E. & Sonnenburg, J. *The Good Gut* (Penguin, 2015).

علم الأوبئة

المشهد العالمي لمرض الرّاعوم

من خلال الرسم التخطيطي الشامل، وإعداد النماذج، تم تقدير أعداد الوفيات التي يسببها المرض البكتيري "الرّاعوم" حول العالم؛ ليتضح أنها مماثلة لتلك التي يسببها مرض الحصبة، وتفوق بمراحل أعداد الوفيات الناتجة عن حُمَّى الضنك، أو داء البريميّات.

بارت جيه. كوري، وميريام كايستلي

تُوجد بكتيريا *Burkholderia pseudomallei* في التربة، وفي الماء، وهي تصيب الإنسان والحيوان بمرض الرّاعوم melioidosis. وفي عام 2012، أقدمت المراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها على رفع مرتبة هذه البكتيريا إلى المستوى الأول (Tier 1 Select Agent)، وهو المخصص للمُمْرِضات التي تُشكِّل أعلى درجات الخطورة؛ بناءً على عدة عوامل، كمعدَّل الوفيات الذي تسببه، والذي يصل إلى 40%، وسهولة انتشارها في الجو أثناء الدراسات المعملية، ومقاومتها لمضادات البكتيريا، وعدم توفُّر لقاح ضدها. وفي بحث نُشر في دورية *Nature Microbiology*، قام ليماثوروتساكول وزملاؤه[1] بحصر عدد من المنشورات العالمية، التي تناولت حالات بشرية وحيوانية مصابة بالراعوم، وكذلك حالات وجود هذا النوع من البكتيريا في البيئة. ومن ثم، قاموا بدمج هذه البيانات مع متغيّرات بيئية وسكانية في إطار عمل لبناء النماذج، من أجل التنبؤ بالبلدان التي قد يكون المرض مستوطنًا فيها، وتقدير العبء الذي يضعه على العالم.

وُصِف داء الرّاعوم لأول مرة في عام 1912 كأحد الأمراض التي تسبِّب إنتان الدم، الذي يصيب مدمني المورفين في يانجون بميانمار. والآن، أصبح يُعرف على أنه ضمن المسبِّبات الرئيسة للالتهاب الرئوي القاتل، والإنتان في تايلاند، وماليزيا، وسنغافورة، وشمال أستراليا[2]. وقد ذكر ليماثوروتساكول وزملاؤه أنّ الراعوم في الواقع معروف بتوطُّنه في 48 بلدًا منتشرة عبر المناطق الاستوائية، وفي أجزاء من شرق وجنوب آسيا، والشرق الأوسط، وأفريقيا، وأمريكا اللاتينية، ومنطقتي الكاريبي والهادئ. كما تبيّن النماذج التي أنشأوها أن حالات الإصابة بالراعوم المُبَلَّغ عنها في معظم هذه البلدان أقل بكثير من الحقيقة، وقد يكون المرض متوطنًا في 34 دولة أخرى لم يَجْرِ الإبلاغ فيها عن أي حالات مؤكَّدة حتى الآن.

يقدِّر البحث عدد حالات الإصابة في البشر حول العالم في عام 2015 بحوالي 165,000 (بفاصل ثقة 95%: 68,000-412,000)، أسفرت عن 89,000 حالة وفاة (بفاصل ثقة 95%: 36,000-227,000). كما يشير إلى أن تقديرات الوفيات حول العالم مماثلة لعدد الوفيات الناتجة عن مرض الحصبة، وتفوق معدل الوفيات الناتجة عن الإصابة بداء البريميَّات وكذلك حُمَّى الضنك.

إنّ كون حالات الرّاعوم المشخَّصة تقل كثيرًا عن الواقع أمر متوقع وغير صادم، إذ إنّ غالبية حالات الإصابة تحدث في بلدان تفتقر إلى الموارد، يزيد فيها معدل السكان في المناطق الريفية، وتقل فيها القدرة على التشخيص عن طريق مختبرات الأحياء الدقيقة، أو قد تنعدم تمامًا؛ وتحديدًا.. القدرة على زراعة عيّنات الدم، وتحديد أنواع البكتيريا المستخلَصة منها.

نتجت عن التحقيق المستفيض الذي أجراه ليماثوروتساكول وزملاؤه في هذا الموضوع قاعدة بيانات تضم 22,338 سجلًّا محددًا جغرافيًا لحالات إصابة في الإنسان والحيوان، ولحالات وجود بكتيريا *B. pseudomallei* في البيئة، تم الإبلاغ عنها ما بين عامي 1910، و2014. وقد بُنيت القائمة التي تضم 48 بلدًا يتوطن فيها المرض على حالات إصابة مؤكّدة، أو حالات عُثر فيها على بكتيريا *B. pseudomallei* في البيئة، أما الأرقام العالمية لحالات الإصابة، وأعداد الوفيات، ومدى توطُّن المرض، فقد بُنيت على أساس عملية النمذجة باستخدام هذه البيانات.

وللتنبؤ بحجم الشريحة السكانية العالمية المعرَّضة للخطر، استخدم ليماثوروتساكول وزملاؤه نموذجًا إحصائيًّا ـ هو شجرة انحدار مدعَّمة ـ لربط ظروف بيئية مختلفة بالوجود المُثْبَت لتلك البكتيريا. وحسب ما ذكروه، استُخدِمت مثل هذه النماذج في السابق لرسم خرائط توضح العبء العالمي للإصابة بحمى الضنك[3]. ومن ثم، استخدم الباحثون نموذجهم هذا لتقدير الثبات البيئي العالمي لبكتيريا *B. pseudomallei*، وهو ما قادهم لاستنتاج أن هذه البكتيريا واسعة الانتشار في المناطق الاستوائية. كما توصلوا إلى أعداد الإصابة بالمرض حول العالم باستخدام نموذج سلبي ثنائي؛ لتقدير الصلة الرابطة بين معدلات الإصابة بالراعوم المجمعة من 16 تقريرًا لمواقع توطن البكتيريا، وملاءمتها المتوقعة للبيئة المحيطة بها، وكذلك متغيرات أخرى مبنية على المعدلات السكانية، بما في ذلك انتشار داء السكري (وهو عامل الخطورة الأول للإصابة بالراعوم).

على الرغم من أن بكتيريا *B. pseudomallei* تستطيع العيش والازدهار في بيئات متنوعة (الشكل 1)، إلّا أنّ هذا لا يعني أنها موجودة فعليًّا في كافة المواقع المتوقعة. فقد كشفت دراسات الجغرافيا الحيويّة الميكروبية مدى تعقيد أنماط انتشارها العالمية، مع وجود تأثيرات متنوعة لكل من البيئة الطبيعية، والحدود الجغرافية، والمقياس الزمني التاريخي، وتأثيرات النشاط البشري، وقدرة الكائنات الحية على الانتشار[4]؛ ولكل واحد من تلك العوامل صلة ببكتيريا *B. pseudomallei*. وتدعم عملية إعادة بناء جينات تلك البكتيريا ـ المعتمدة على التوزيع الجغرافي التطوري ـ فكرة كونها قد نشأت في أستراليا من سلالةٍ من *Burkholderia* في البيئة المحيطة، مع احتمال دخولها مرة واحدة إلى جنوب شرق آسيا، وذلك خلال الحقبة الجليدية الأخيرة تقريبًا (أي قبل





LEFT: PENNY TWEEDIE/PANOS; RIGHT: ABBIE TRAYLER-SMITH/PANOS

الشكل 1 | البيئات التي تساعد بكتيريا *B. pseudomallei* على الترعرع والازدهار. تم الحصول على العامل المُمْرِض المسبِّب لداء الراعوم من بيئات متنوعة، مثل حقول الأرز في كمبوديا (إلى اليمين)، والبرك المائية في شمال ووسط أستراليا (إلى اليسار).

نحو 16,000 إلى 225,000 سنة)[5]. وقد افتُرِض انتشارها في حقبة لاحقة في أفريقيا والأمريكتين، لكن الخطوط الزمنية وأنماط الانتشار ليست واضحة.

إن اتّساع مواقع توطُّن مرض الراعوم المعروفة في السنوات الأخيرة قد يعكس حقيقة أن طرق التشخيص المُحسَّنة قد كشفت عن وجود تلك البكتيريا المتوطنة منذ زمن في البيئة المحيطة. كما يمكن أن يكون المرض قد انتشر بشدة، نتيجة لازدياد تنقلات الإنسان والحيوان والنبات والتربة، أو بسبب الاحتباس الحراري، الذي يسرع من عملية الانتشار[6]. وتشير تقارير صادرة من البرازيل ومدغشقر وبابوا غينيا الجديدة إلى أنّ مرض الراعوم قد يكون مقتصرًا على بقاع إقليمية ساخنة في بعض البلدان المتوطِّن فيها. وقد يَنُمّ ذلك عن قلة التحقيقات في هذا الموضوع، أو مُحَدِّدات بيئية معيّنة تحتاج إلى تفسير، أو يَنُمّ عن أن البكتيريا لم تنتشر بعد بشكل واسع في هذه البلدان.

يجب كذلك أن نأخذ في الحسبان مسألة أنّ المناطق المختلفة التي يتوطن فيها مرض الراعوم قد تختلف من حيث بيئاتها الملائمة لبكتيريا *B. pseudomallei*، إذ إنها في الغالب تؤدي وظيفة دفاعية حيوية؛ للدفاع عن أنواع النباتات المتعايشة معها في هذه المناطق. وإضافةً إلى ذلك.. تبيّن أنّ هناك نباتات مُدخلة إلى البيئة، مثل أعشاب المراعي، أصبحت مأهولة بأعداد كبيرة من بكتيريا *B. pseudomallei*[7]. كما أنّ نمذجة المتغيِّرات البيئية في منطقة معيّنة لا تتيح بالضرورة التنبؤ ببيانات منطقة أخرى. وقد بَيَّن نموذج الملاءمة البيئية الخاص بليماثوروتساكول وزملائه أن سقوط كميات عُظمى من الأمطار ـ ذلك بدلًا من سقوط كميات معتدلة، أو وصول درجات الحرارة إلى مستويات معتدلة ـ من أهمّ المقوّمات التي تسهم في تشكيل النموذج. ويعكس ذلك النمط المميز لسقوط الأمطار الموسمية في مناخ استوائي، يكون بعض فصوله رطبًا، وبعضها الآخر جافًّا، ويسود مناطق في تايلاند وأستراليا، سجلت أكبر عدد من حالات الراعوم، وليس في سنغافورة. وقد ذكرت التقارير أن الملوحة تُعتبر علامة سلبية لوجود تلك البكتيريا[8]، إلّا أنّ هذا يتناقض مع ما توصل إليه النموذج.

تدور شكوك حول المرض ذاته.. فمن غير الواضح كم تبلغ نسبة الحالات التي انتقلت إليها العدوى عن طريق الاستنشاق، مقارنة بالجلد[6]. كما تشير التقارير الوبائية إلى أنّ العدوى المنتقلة عن طريق الاستنشاق تزداد خلال الظروف المناخية القاسية، مثل أوقات الرياح الشديدة، والأعاصير الاستوائية[6]. كما يبدو أن ابتلاع بكتيريا *B. pseudomallei* عبر شرب الماء غير المعالَج بالكلور له تأثير أكبر مما كان يُعتقَد في السابق[9].

إلى جانب تنبؤات نماذج ليماثوروتساكول وزملائه بمدى توطن المرض في بلدان عديدة، لم يُسَجَّل ظهوره فيها حتى الآن، تنبأت نماذجهم كذلك بمعدلات إصابة بلغت ـ على سبيل المثال ـ أكثر من 50,000 حالة سنوية غير مُشَخَّصة في الهند، و20,000 في إندونيسيا، و13,000 في نيجيريا. ويستدعي الأمر رصدًا مستهدفًا، وكذلك تقديم الدعم للمنشآت الإقليمية المطورة المختصة بالأحياء الدقيقة؛ للكشف عن مدى دقة هذه التنبؤات[10]. ■

بارت جيه. كوري، و**ميريام كايستلي** يعملان في قسم الصحة العالمية والاستوائية، كلية مينزيس لبحوث الصحة، جامعة تشارلز داروين، داروين، الإقليم الشمالي 0810، أستراليا. يعمل بارت جيه. كوري أيضًا في قسم الأمراض المعدية بمستشفى رويال داروين.

البريد الإلكتروني: bart.currie@menzies.edu.au; mirjam.kaestli@menzies.edu.au

1. Limmathurotsakul, D. *et al. Nature Microbiol.* **1,** 15008 (2016).
2. White, N. J. *Lancet* **361,** 1715–1722 (2003).
3. Bhatt, S. *et al. Nature* **496,** 504–507 (2013).
4. Martiny, J. B. H. *et al. Nature Rev. Microbiol.* **4,** 102–112 (2006).
5. Pearson, T. *et al. BMC Biol.* **7,** 78 (2009).
6. Currie, B. J. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* **36,** 111–125 (2015).
7. Kaestli, M. *et al. Environ. Microbiol.* **14,** 2058–2070 (2012).
8. Inglis, T. J. J. & Sagripanti, J. L. *Appl. Environ. Microbiol.* **72,** 6865–6875 (2006).
9. Limmathurotsakul, D. *et al. PLoS Negl. Trop. Dis.* **7,** e2072 (2013).
10. Dance, D. A. B. *Clin. Infect. Dis.* **60,** 251–253 (2015).

علم الأعصاب

آلِيَّة إصابة الميلين

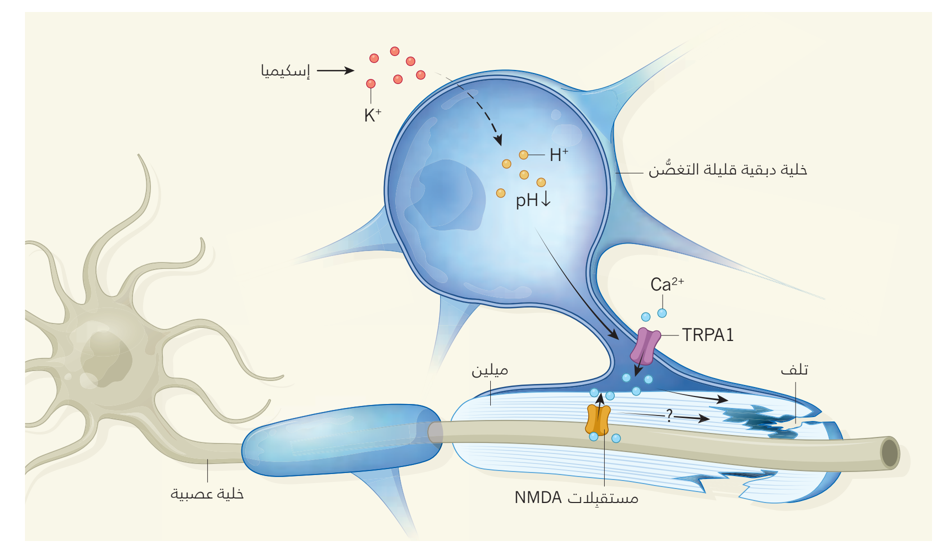
في السكتة الدماغية، تُدَمَّر الخلايا التي تنشئ غشاء الميلين الذي يعزل العمليات العصبية. وتوضح البيانات الآن أن تدفق أيونات الكالسيوم إلى الداخل بواسطة بروتين TRPA1 يسهم في إصابة الميلين.

أيمن إس. صعب، وكلاوس أرمين نيف

كي يعمل المخ بشكل طبيعي، يجب نقل المعلومات بسرعة عالية بين مناطق الدماغ المختلفة، عبر زوائد تُسمى المحاور العصبية. وتَعتمد قدرتها في القيام بذلك على سلامة الخلايا الدبقية الداعمة قليلة التغصن[1]، التي تقوم بتغليف زوائد المحاور العصبية بغشاء "الميلين" متعدد الطبقات، كي تسرع عملية النقل. وفي أمراض عدة، كالشلل الدماغي، وإصابات النخاع الشوكي، والتصلب المتعدد، والسكتة الدماغية، عادة ما يرتبط تلف الخلايا الدبقية قليلة التغصن وتلف غشاء الميلين الذي تصنعه بخلل في وظيفة المحاور العصبية. عن هذا الموضوع نَشَرَ هاميلتون وزملاؤه[2] بحثًا يشير إلى أن الآليات التي تكمن وراء هذا التلف هي أكثر تعقيدًا مما يُعتقد، وتتضمن تفعيل أحد البروتينات القنوية المسماة "TRPA1".

في السكتة دماغية، يتوقف تدفق الدم في نقطة معينة في الدماغ ـ ما يُعرف بالإسكيميا ـ وهو ما يؤدي إلى تلف الخلايا العصبية والخلايا الدبقية، بما فيها الخلايا الدبقية قليلة التغصن. وحتى الإسكيميا العابرة، قد تسبِّب خللًا دائمًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | إصابة الميلين في نموذج للإسكيميا. تلتف الخلايا الدبقية قليلة التغصن حول الخلايا العصبية، وتنتج طبقات من الأغشية العازلة التي تسرع من نقل الإشارات العصبية؛ وتسمى الميلين. حين تُحرم مناطق في الدماغ من الجلوكوز والأكسجين (ما يسمى بالإسكيميا)، تتلف الخلايا الدبقية قليلة التغصن ويتلف الميلين. تظهر دراسة هاميلتون وزملاؤه[2] أن هذا التلف يعود جزئيًّا إلى زيادة في مستويات أيونات البوتاسيوم (K^+) خارج الخلية. ومن خلال آلية غير معروفة (عند السهم المتقطع) تحفز مستويات البوتاسيوم الزائدة تلك ارتفاع تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) داخل الخلايا؛ ما يؤدي إلى زيادة الحموضة في الخلية، ومن ثم تفعيل البروتينات القنوية TRPA1 وإحداث تدفق لأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) إلى الداخل. وإذ تعتبر مستويات الكالسيوم العالية سامة بالنسبة للخلايا الدبقية قليلة التغصن، فهي تؤدي إلى تدميرها، كما تدمر الميلين أيضًا. يمكن كذلك لمستقبلات الجلوتاميت، مثل مستقبلات NMDA، أن تسهل تدفق الكالسيوم إلى الداخل؛ لكن ما زال من غير الواضح إن كان لهم أي دور في تلف الميلين في هذه الحالة.

في توصيلات المحاور العصبية، يمكن تداركه جزئيًّا فقط من خلال إعادة تغذية الأنسجة المصابة بالأكسجين والجلوكوز[3]. وإذ تؤدي الإسكيميا إلى إفراز الناقل العصبي "جلوتاميت"، الذي يحفز بدوره الخلايا الدبقية قليلة التغصن، هناك أدلة[3-5] تشير إلى أن سدّ مستقبلات الجلوتاميت البروتينية يقلل من تلف الميلين، ومن الاختلال الوظيفي للمحور العصبي في حالة الإسكيميا. إن مستقبلات الجلوتاميت من نوع "AMPA/kainite"، ونوع "NMDA" هي بروتينات قنوية أيونية؛ وفي حالة تفعيلها، تسمح للأيونات موجبة الشحنة مثل الصوديوم (Na^+)، والكالسيوم (Ca^{2+}) بالتدفق إلى داخل الخلايا. وحيث إن مستويات أيونات الكالسيوم العالية تُعتبر سامة للخلايا، يُفترض أن موت الخلايا الدبقية قليلة التغصن، وتلف غشاء الميلين في حالة الإسكيميا يعكسان النشاط المفرط لمستقبلات الجلوتاميت هذه[5-7]؛ وهي الآليَّة نفسها التي تُدَمَّر بها الخلايا العصبية.

قام هاميلتون وزملاؤه بالنظر مجددًا في هذا الموضوع باستخدام شرائح من مخيخ الفأر؛ فوجدوا أدلة على أنه في حال حرمان المادة البيضاء المخيخية ـ وهي نسيج يحتوي على كثافة عالية من المحاور العصبية الميلينية من الأكسجين والجلوكوز، ما يُعتبر نموذجًا للإسكيميا وآثارها المدمِّرة للخلايا ـ قد لا يكون التنشيط المفرط لمستقبلات الجلوتاميت هو النتيجة الوحيدة. في البداية، قام الباحثون بتوصيف التيارات المنبعثة من المنطقة المُصابة بالإسكيميا في الخلايا الدبقية قليلة التغصن، وقاموا برصد التغييرات المقابلة في مستويات أيونات الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم (K^+) والمغنسيوم داخل الخلايا. وللمفاجأة، برغم أن الحرمان من الأكسجين والجلوكوز أدَّى بالفعل إلى تدفق الأيونات إلى داخل تلك الخلايا بواسطة الجلوتاميت المُفرَز، إلا أنه بدا وكأن هذا التيار السائر قد أتى نتيجة لزيادة تركيز البوتاسيوم خارج الخلية، وغَلْق البروتينات القنوية الخاصة به، وليس بسبب مستقبلات الجلوتاميت.

وعلى غرار تقرير سابق[5]، وجد هاميلتون وزملاؤه أن الإسكيميا قد أدَّت إلى زيادة مستويات الكالسيوم في الخلايا الدبقية قليلة التغصن، وفيما تقوم به من عمليات لتغطية المحاور العصبية، ولم يمنع تثبيط مستقبلات NMDA ومستقبلات AMPA/kainate تدفق الكالسيوم بهذا الشكل؛ ما يشير إلى أن مستقبلات الجلوتاميت ليست هي القنوات الرئيسة المسؤولة عن ارتفاع تركيز الكالسيوم الذي تُحْدِثه الإسكيميا، والذي يسبِّب تلف الميلين.

تبعًا لذلك.. أظهر الباحثون أن ارتفاع مستويات البوتاسيوم خارج الخلايا بسبب الإسكيميا يؤدي إلى زيادة مستويات أيونات الهيدروجين ـ ما يُسمى بعملية التحميض ـ في الخلايا الدبقية قليلة التغصن، وهذا بدوره يحفز تدفق الكالسيوم إلى الداخل (الشكل 1). وبإحداث مثل هذه الزيادة في الهيدروجين، ثم قياس التغييرات التي تحدث في مستوى الكالسيوم في الخلايا، قام هاميلتون وزملاؤه باستكشاف أيٍّ من القنوات الأخرى قد تسهم في تدفق الكالسيوم، نتيجةً للإسكيميا المُحدَثة. وبعد أخذ الخصائص الفسيولوجية المعروفة، الخاصة بالبروتينات القنوية الأيونية في الاعتبار، واختبار آثار محفزات تلك البروتينات ومثبطاتها، خلص الباحثون إلى أن القناة المسؤولة هي TRPA1، وهي أحد البروتينات الموجودة على نطاق واسع، المنتمية إلى أسرة البروتينات القنوية "TRP"، (الشكل 1). ويسمح تفعيل قنوات TRPA1 تلك بدخول الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم إلى الخلية.

وتماشيًا مع تلك الاستنتاجات، قَلَّ تدفق الكالسيوم إلى داخل الخلايا ـ الذي تزيده الإسكيميا عادةً ـ بشكل كبير في شرائح المادة البيضاء المخيخية المأخوذة من الفئران التي تم حذف بروتين TRPA1 منها، لكن لم يَختبِر الباحثون آثار الإسكيميا على المادة البيضاء في هذه الفئران داخل الجسم الحي؛ وأظهروا باستخدام الأعصاب البصرية المعزولة من الفئران أن سدّ قنوات TRPA1 مع الحرمان من الأكسجين والجلوكوز قد قلَّل من تلف الميلين، لكنه لم يؤثر على تلف المحور العصبي. وهكذا، على عكس الخلايا الدبقية قليلة التغصن، لا يسهم تفعيل قنوات TRPA1 في تلف المحاور العصبية، وإنما هي تتلف بسبب آليّات أخرى خاصة بعملية تدفق الكالسيوم.

كما كشف هاميلتون وزملاؤه أيضًا عن تغيرات في مستوى الكالسيوم في الميلين الخاص ببعض الخلايا الدبقية قليلة التغصن في الحالات الطبيعية التي لم تُحرم من الجلوكوز والأكسجين. وقد يدل هذا الفعل التلقائي على نشاط المحور العصبي والإفراز المتزامن للجلوتاميت. لذا.. باعتبار أن الميلين يحتوي على مستقبِلات من نوع AMPA/kainate و NMDA[5-7]، كما أن تغير مستوى الكالسيوم الذي تحفزه الإسكيميا في الأعصاب البصرية كان قد ثبت من قِبَل أنه يعود إلى تنشيط مستقبلات الجلوتاميت[5]، لِمَ لَم يجد المؤلفون إذًا دليلًا على تغيرات في مستوى الكالسيوم، يحفزها الجلوتاميت؟

تقلّ مستويات الحمض النووي الريبي المرسال "mRNA" الذي يرمز لمستقبلات NMDA في الخلايا الدبقية الناضجة قليلة التغصن. أما مستويات الحمض النووي الريبي المرسال الذي يرمز لبروتين TRPA1، فهي منخفضة جدًّا إلى حد يقترب من أن يكون غير قابل للقياس[8]. ومع ذلك.. استطاع الباحثون أن يقيسوا تدفق الكالسيوم إلى داخل الخلايا الدبقية المخيخية قليلة التغصن، الذي يحدث بواسطة TRPA1، كما تشير الأدلة إلى أن مستقبلات NMDA تنتقل إلى عمليات الميلين المواجهة لسطح المحور العصبي، بينما تنضج الخلايا الدبقية قليلة التغصن[6,5]. وقد يساعد ذلك في تفسير صعوبة الكشف عن تغيرات الكالسيوم التي يحفزها الجلوتاميت في تلك الخلايا. وعلى العكس.. ربما يكون هناك اختلاف ما بين الخلايا الدبقية قليلة التغصن، الموجودة في العصب البصري، التي تغلّف بالميلين المحاور العصبية الخاصة بالخلايا العصبية التي تفرز الجلوتاميت فقط، والخلايا المماثلة في المخيخ، التي تقوم بالفعل نفسه، لكن لخلايا عصبية تفرز ناقلًا عصبيًّا مختلفًا، هو "جابا" GABA.

بخلاف هذه الدراسة، نُشرت دراسة أخرى في شهر ديسمبر الماضي[9]، وقدَّمت دليلًا على أن مستقبلات AMPA/kainate وNMDA بالفعل تسهم في تدفق الكالسيوم إلى داخل خلايا الميلين الناضج في الأعصاب البصرية، كما يساعد عمل المحور العصبي وتحرر الجلوتاميت الحويصلي في ذلك أيضًا. ومع ذلك.. وبِغَضّ النظر عن مستويات الكالسيوم، لا تزال الوظائف الفسيولوجية التي تقوم بها مستقبلات NMDA في الخلايا الدبقية قليلة التغصن غير معروفة حتى الآن.

إن دراسة هاميلتون وزملائه قد أوضحت أن تلف الميلين نتيجة لحرمان الخلايا من الأكسجين والجلوكوز داخل المختبر هو أكثر تعقيدًا مما كان متوقعًا، لا سيما مع انضمام قنوات TRPA1 إلى المشهد. ويبقى السؤال قائمًا حول ما إذا كانت هذه النتائج تنطبق على الجسم الحي أيضًا، وعلى قنوات TRPA1 البشرية، التي تختلف استجابتها للدواء عن استجابة نظيرتها في الفئران[10]، أم لا. أما التجارب الإكلينيكية المُجراة من قبل لاختبار حاصرات مستقبلات NMDA فيمن تعرَّضوا لسكتة دماغية، فقد فشلت فشلًا ذريعًا؛ ما قد يعود جزئيًّا إلى تناول الأدوية في أوقات متأخرة عن اللازم، مع خفض الجرعات بشكل كاف، يسمح بتحمُّل الآثار الجانبية. وبالعمل على تحديد أهداف دوائية أخرى، هناك أمل في التوصل إلى أدوية جديدة، أكثر أمنًا. ■

أيمن إس. صعب و**كلاوس أرمين نيف** يعملان في معهد ماكس بلانك للطب التجريبي، قسم علم الوراثة العصبي، 37075 جوتنجن، ألمانيا. ويعمل أيمن إس. صعب في معهد علم الأدوية والسموم، جامعة زيورخ، وفي مركز زيورخ للأعصاب، زيورخ، سويسرا.
البريد الإلكتروني: asaab@pharma.uzh.ch
nave@em.mpg.de

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

1. Nave, K.-A. *Nature* **468,** 244–252 (2010).
2. Hamilton, N. B., Kolodziejczyk, K., Kougioumtzidou, E. & Attwell, D. *Nature* **529,** 523–527 (2016).
3. Tekkok, S. B., Ye, Z. & Ransom, B. R. *J. Cereb. Blood Flow Metab.* **27,** 1540–1552 (2007).
4. Follett, P. L., Rosenberg, P. A., Volpe, J. J. & Jensen, F. E. *J. Neurosci.* **20,** 9235–9241 (2000).
5. Micu, I. *et al. Nature* **439,** 988–992 (2006).
6. Salter, M. G. & Fern, R. *Nature* **438,** 1167–1171 (2005).
7. Káradóttir, R., Cavelier, P., Bergersen, L. H. & Attwell, D. *Nature* **438,** 1162–1166 (2005).
8. Zhang, Y. *et al. J. Neurosci.* **34,** 11929–11947 (2014).
9. Micu, I. *et al. Exp. Neurol.* **276,** 41–50 (2015).
10. Nagatomo, K. & Kubo, Y. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105,** 17373–17378 (2008).

علم البيئة

خريطة طريق للدراسات المعتمِدة على الصفات النباتية

يمثل التقييم العالمي لتباين صفات النباتات الوظيفية، وطريقة تأثيرها على التفاعلات التنافسية، قاعدة انطلاق للدراسات البيئية المستقبلية.

جوناثان إم. ليفاين

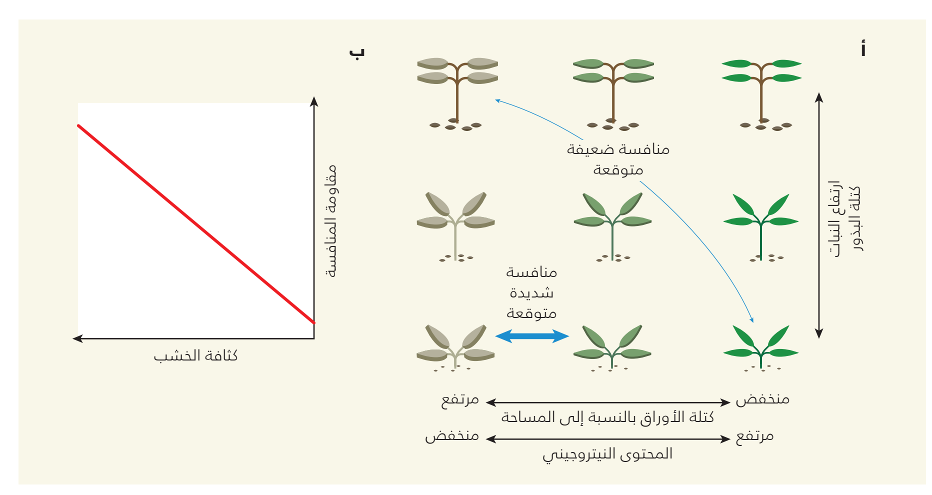
يعمل علماء البيئة على استكشاف العمليات التي تتحكم في الطبيعة من حولنا، إلا أن تلك المهمة قد تبدو صعبة للغاية مع تعدد الأنواع الموجودة في الطبيعة، ووجود تفاعلات خاصة بين كل نوع والبيئة المحيطة به. ولفهم هذا التنوع وآليّاته، يجب عدم التركيز على الأنواع، وإنما على الصفات الوظيفية لكل منها، مثل ارتفاع النبات، وحجم البذور، ومساحة الأوراق. حول هذا الموضوع، نُشرت ورقتان بحثيتان في شهر يناير من هذا العام، طوَّرَتا من فهمنا لكيفية تنوع صفات الأنواع النباتية، وتداعيات ذلك على التفاعلات التنافسية. في إحدى الورقتين، قام دياز وزملاؤه[1] بتوثيق أنماط تنوع الصفات الوظيفية في أنواع النباتات المختلفة حول العالم، وكشفوا العوامل المهمة في هيئة النباتات التي تسمح لها بالبقاء، رغم الانتقاء الطبيعي، والتحديات الفسيولوجية، والاستبعاد التنافسي. أما في الورقة الثانية، فقد أوضح كونستلر وزملاؤه[2] كيف يمكن من خلال الصفات الوظيفية تلك التنبؤ بالتفاعلات التنافسية بين أشجار ضمن ست غابات مختلفة، بشكل مخالف لتوقعات النظرية التقليدية.

في القرن التاسع عشر، كتب ألكسندر فون همبولت وتشارلز داروين كثيرًا عن هذا التنوع المدهش في الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض، من حيث هيئتها، والوظائف التي تقوم بها. ولا يزال هذا الموضوع يثير اهتمام علماء الطبيعة حتى اليوم. وخلال فترة طويلة من تاريخ علم البيئة، تمت دراسة معظم أنماط تنوع الأنواع المختلفة وتوافرها في البيئة، إلا أن عددًا متزايدًا من العلماء ـ وتحديدًا المختصين بالبيئة النباتية ـ يعتقدون أن تركيز الدراسات على الصفات الوظيفية يزيد من فرص التعميم والقدرة التنبؤية، كما ينشئ ارتباطات أقوى بوظائف الكائنات[3-6]. إن صفات الأنواع ـ في الواقع ـ هي التي تحدد نموها وحركاتها وتفاعلاتها، وليس تسمياتها التصنيفية. لذا.. من أجل طرح أكثر فائدة للسؤال التقليدي حول ماهيّة العمليات التي تحافظ على تعدد الأنواع، يمكننا ـ بدلًا من ذلك ـ أن نسأل عن العمليات المسبِّبة لتنوع الصفات بين أفراد المجتمع الواحد.

قام دياز وزملاؤه بوضع أسس هذا النهج، ومجموعة واسعة من الأبحاث البيئية والتطورية، عن طريق قياس أبعاد "نطاق الصفات" النباتية، وهو حيِّز متعدد المتغيرات، يمكن أن يشغل النبات أي جزء منه، بناءً على صفاته الوظيفية. وهنا، ركَّز الباحثون على 6 صفات موجودة في عدد كبير من الأصناف، لها دور رئيس في تحديد الاستراتيجية البيئية للنبات؛ هي ارتفاعه، ومساحة الأوراق، وكتلة الأوراق، نسبةً إلى المساحة، والمحتوى النيتروجيني في تلك الكتلة، والكثافة الحجمية للجذع، وكتلة البذور. جمعت تحليلاتهم تلك قياسات أكثر من 45,000 نوع، وهي تُعتبر الأولى من نوعها لاستكشاف علاقات الصفات النباتية في البذور والأوراق والجذوع، وفي النبات بأكمله. وقد استعانوا في ذلك بقاعدة بيانات "تراي" TRY، (المرجع 7)، التي تحتوي على 5.6 مليون سجل لصفات وظيفية نباتية، تم تجميعها على مدى العقد الماضي.

من حيث المبدأ، يقع أي نبات ضمن حيز هذه الصفات الست. ولتقييم مدى حصر أنواع النباتات في هذا الإطار، قام المؤلفون بمقارنة ملاحظاتهم بأربعة نماذج قديمة باطلة، تمثل توزيعات مختلفة للصفات المتنوعة، والارتباطات الموجودة بينها؛ فوجدوا أن أنواع النباتات في العالم أجمع لا تحتل سوى جزء صغير من حيز الصفات المحتمَلة تلك، وأن النمط الذي شاهدوه يأتي نتيجة للارتباطات القوية بين الصفات الوظيفية في الأنواع المختلفة (الشكل 1). ومن ثم، قام الباحثون بتحليل المركبات الرئيسة، وحددوا جانبين أساسيين، تختلف فيهما النباتات عامةً؛ هما حجم النبتة، بدءًا من الأنواع القصيرة ذات البذور الصغيرة، حتى الأنواع الطويلة ذات البذور الكبيرة؛ وخصائص الأوراق[6]، بدءًا من أنواع النمو "الاستحواذي" بأوراقها ذات الكتلة المنخفضة، نسبة إلى المساحة والمحتوى النيتروجيني العالي، حتى الأنواع "المحافظة" بأوراقها ذات الكتلة العالية، والمحتوى النيتروجيني المنخفض. وإذ يصعب تقييم مدى نشوء العوامل المحددة لهيئة النبات ووظيفته ـ المقترحة من قِبَل هذا التحليل ـ من المبادلات الميكانيكية الحيوية، أو الانتقاء الطبيعي أو المنافسة، تأتي هنا أهمية الدراسة التي أجراها كونستلر وزملاؤه؛ حيث قاموا باستكشاف كيف يمكن التنبؤ بالتفاعلات التنافسية بين أنواع الأشجار في الغابات، من خلال ثلاث صفات وظيفية في النبات، هي: مساحة الأوراق، نسبة إلى الكتلة، وارتفاع النبات، وكثافة الخشب). تُعتبر نتائجهم مُبْهِرة بالقدر نفسه لنتائج دياز وزملائه، لتَضَمُّنها ثلاث صفات وظيفية، بالإضافة إلى قياسات نمو أقطار جذوع أكثر من 3 ملايين شجرة منتمية إلى أكثر من 2,500 نوع في غابات تقع في ست بيئات حيوية مختلفة. وبالاستفادة من الاختلاف الطبيعي في كثافة وهوية المتنافسين في محيط شجرة مركزية، قام الباحثون ببناء نموذج إحصائي؛ لقياس كيف يمكن ـ من خلال قياسات صفة من صفات النوع ـ التنبؤ بنموه دون منافسة، وبمقاومته للمنافسة، وقدرته على الحد من نمو النباتات المجاورة.

توقَّع المؤلفون أنه يمكن التنبؤ بالحركة التنافسية من خلال الصفات الوظيفية. وحسب النظرية البيئية، يؤدي اختلاف الصفات بين الأنواع إلى اختلافات في طرق استخدامها للبيئة؛ ما يتسبب في "اختلاف في الأدوار البيئية"؛ يقلل المنافسة بين الأنواع (الشكل 1 أ). وعلى عكس هذه التوقعات، لم يجد كونستلر وزملاؤه دليلًا كافيًا على أن اختلافات الصفات



الشكل 1 | أبعاد الصفة، وتنافسها. أ، أجرى دياز وزملاؤه[1] تحليلًا لست صفات نباتية في أكثر من 45,000 نوع؛ ووجدوا أن معظم الاختلافات بين الأنواع في نطاق الصفات سداسي الأبعاد تقع على طول مسطح ثنائي الأبعاد فقط. يصف أحد البعدين تباين الأوراق بين النوع "الاستحواذي" ـ ذي الكتلة المنخفضة، نسبةً إلى المساحة، والمحتوى النيتروجيني العالي ـ والنوع "المحافظ"، ذي الكتلة المرتفعة، نسبة إلى المساحة، والمحتوى النيتروجيني المنخفض)[6]. أما البُعْد الآخر، فيمثل الاختلاف في حجم النبات (الارتفاع، وكتلة البذور). وحسب النظرية البيئية التقليدية، تتنافس الأنواع المتماثلة ضمن نطاق الصفات بشكل أشد من الأصناف المختلفة عن بعضها. **ب**، ورغم ذلك.. من خلال الاستعانة بمجموعة شاملة من البيانات الخاصة بنمو شجر الغابات، لم يجد كونستلر وزملاؤه[2] دليلًا كافيًا لإثبات هذا التوقع. وقد استطاعت قياسات صفة معينة التنبؤ بالتفوق التنافسي لنوع على أنواع أخرى، مثل ارتباط الكثافة الخشبية الأعلى بمقاومة أكبر للمنافسة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يقلل المنافسة بين الأشجار في غابات البيئات الحيوية الست. وقد استطاعت قياسات صفة معينة أن تتنبأ بالميزة التنافسية لنوع على أنواع أخرى؛ فمثلًا، ظهر أن الأشجار ذات الكثافة الخشبية العالية هي الأكثر مقاومة للتنافس (الشكل 1 ب). وتتوافق هذه النتائج مع دراسات أخرى[9,8] تَعتبِر أنه ينبغي ـ من خلال اختلافات الصفات ـ التنبؤ باختلافات الأدوار البيئية، التي تؤدي إلى استقرار تعايش الأنواع مع بعضها البعض من ناحية، وبعدم التوازن التنافسي، الذي يؤدي إلى استبعاد الأنواع من ناحية أخرى.

وإذا كانت الصفات الوظيفية الثلاث، التي درسها كونستلر وزملاؤه قد تنبأت فقط بعدم التوازن التنافسي بين أشجار الغابات، إذًا ما هي الصفات التي تفسر تعايشها معًا؟ برغم إشارتهم إلى المفاضلة بين معدل النمو المرتفع، والقدرة التنافسية، فإن اكتشاف الباحثين لمنافسة بين أفراد النوع الواحد أكبر مما بين الأنواع المختلفة يجب أن يكون مرتبطًا بصفات أخرى غير تلك التي تم قياسها، وهو عامل آخر يسهم في استقرار تعايش الأنواع مع بعضها. ويسلط هذا الاكتشاف الضوء كذلك على حدود علم البيئة المعتمِد على الصفات. وبرغم أنه ـ من حيث المبدأ ـ يجب على كل الحركات التنافسية أن تكون قابلة للتفسير من قبل الصفات النباتية، يبقى السؤال مطروحًا عما إذا كان يمكن قياس تلك الصفات الوظيفية بشكل سهل، أم لا. وللإجابة على هذا السؤال، والأسئلة الأخرى ذات الصلة المتعلقة بالمجتمع وبالنظام البيئي، يجب دمج الصفات الوظيفية والنماذج الرياضية أكثر، حسب نهج كونستلر وزملائه. ومع ذلك.. تتزايد حاجة علماء البيئة للتنبؤ بكفاءة بطبيعة المنافسة التي سوف تحدث في المستقبل بين الأنواع النباتية مع تسبُّب تغيرات المناخ في هجرتها، وفي تغير معدلات الهجرة أيضًا[10]. وقد تكون الطرق المعتمِدة على الصفات هي ملاذنا الوحيد. ■

جوناثان إم. ليفين يعمل في معهد الأحياء التكاملية، قسم علوم النظم البيئية، إي. تي. إتش. زيورخ، 8092 زيورخ، سويسرا.
البريد الإلكتروني: jlevine@ethz.ch

1. Díaz, S. *et al. Nature* **529,** 167–171 (2016).
2. Kunstler, G. *et al. Nature* **529,** 204–207 (2016).
3. McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E. & Westoby, M. *Trends Ecol. Evol.* **21,** 178–185 (2006).
4. Ackerly, D. D. & Cornwell, W. K. *Ecol. Lett.* **10,** 135–145 (2007).
5. Violle, C. *et al. Oikos* **116,** 882–892 (2007).
6. Wright, I. J. *et al. Nature* **428,** 821–827 (2004).
7. Kattge, J. *et al. Glob. Change Biol.* **17,** 2905–2935 (2011).
8. Adler, P. B., Fajardo, A., Kleinhesselink, A. R. & Kraft, N. J. B. *Ecol. Lett.* **16,** 1294–1306 (2013).
9. Kraft, N. J. B., Godoy, O. & Levine, J. M. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 797–802 (2015).
10. Alexander, J. M., Diez, J. M. & Levine, J. M. *Nature* **525,** 515–518 (2015).

علم الأرض

مصدر طاقة مختلف للجيودينامو

لا يُعتبر المغنيسيوم عادةً ضمن عناصر لب باطن الأرض، لكن يُفترض وجوده الآن؛ من أجل تفسير اللغز الذي لا يزال قائمًا حول هوية مصادر الطاقة التي تولِّد المجال المغناطيسي لكوكبنا.



الشكل 1 | العمليات المحتمَل حدوثها عند الحد الفاصل بين لُبّ الكرة الأرضية السائل، وغلافها الصخري. يضع أوروك وستيفنسون[4] فرضية تنص على أن المغنيسيوم قد ذاب في الحديد السائل عند درجة حرارة عالية أثناء عملية تشكل اللب. يؤدي الترسيب اللاحق للمعادن المحتوية على المغنيسيوم إلى إنتاج جزيئات صلبة طافية، من شأنها أن تطفو على سطح الحديد السائل، وتتراكم في الجزء العلوي من اللب. وبهذا.. سيكون السائل المتبقي أكثر كثافة من السائل المحيط، إذ إنه غني بالحديد؛ ومن ثم سيهبط إلى أسفل. وسيعمل الحمل الحراري الكبير الناتج على قلقلة اللب وتوليد المجال المغناطيسي للأرض عند معدلات تبريده المتواضعة.

بروس بافيت

يولِّد التدفق المضطرب للحديد السائل الموجود في لب باطن الأرض مجالًا مغناطيسيًّا من خلال عملية تُعرف باسم الجيودينامو. وتسهم الطاقة المستمدة من عملية التبريد البطيء للب الأرض في دعم هذه العملية[1]. وبرغم الاعتقاد السائد بأن الحمل الحراري له أهمية عالية في ذلك، تدعو التقديرات المُراجعة[3,2] للتوصيل الحراري في الحديد السائل الموضوع تحت ضغط عال إلى التشكيك في مدى كفاية مصادر الطاقة شائعة الذكر[1]. ولحل تلك الأزمة، يقترح أوروك وستيفنسون[4] أنه في حال ذوبان المغنيسيوم في الحديد السائل عند درجات الحرارة العالية أثناء تشكُّل اللب، عندها ستصبح عملية ترسيب المعادن الحاملة للمغنيسيوم عقب التبريد مصدرًا مهمًّا للطاقة. وتستدعي نظريتهم تلك إعادة تقييم جدية لعملية توليد المجال المغناطيسي في كواكب صخرية أخرى (أي الكواكب الأرضية).

من الصعب الحفاظ على مجال مغناطيسي لأي كوكب أرضي؛ إذ يعمل التدفق البطيء لقشرة الكوكب الصخرية (الغلاف) على الحدّ من الحرارة المفقودة من اللب الداخلي. وبالمقارنة، يُعتبر اللب الحديدي السائل، الخارجي، موصِّلًا حراريًّا عالي الكفاءة؛ ويتوقف الحمل الحراري فيه مع انخفاض تدفق الحرارة إلى الغلاف إلى حد أقل من قدرة اللب على نقلها عن طريق التوصيل وحده. لذا.. من الممكن أن يرفع التوصيل الحراري العالي حدّ الحمل الحراري إلى درجة بعيدة المنال. وفي هذا السيناريو، تُعتبر الآثار الطفوية الناتجة عن الاختلافات في وفرة مكونات اللب هي السبب الرئيس في حدوث التدفق المضطرب فيه، فمع تبريد اللب، يتصلب بعض الحديد، ويتراكم على اللب الداخلي الصلب، تاركًا العناصر الأخف وزنًا في طبقة اللب الخارجية السائلة، مؤديًا إلى حدوث الحمل الحراري[1].

تظهر مشكلة تلك النظرة التقليدية لمصادر طاقة الجيودينامو حين نستقرئ الماضي. فقبل تكوين طبقة اللب الداخلية ـ أي منذ أقل من مليار سنة[1] ـ كان الحمل الحراري مصدر الطاقة الوحيد، لكن تَفترض التقديرات الحالية للتوصيل الحراري أن التدفق الحراري المطلوب للحفاظ على حمل حراري كهذا في حينه كان عاليًا جدًّا. وحتى لو كان هذا المستوى من التدفق الحراري ممكنًا، سيتطلب ذلك درجة حرارة عالية إلى حد لا يمكن تصديقه في اللب؛ للحفاظ على هذا التدفق الحراري على مر الزمن الجيولوجي. وبرغم هذه الصعوبات، حافظت الكرة الأرضية بطريقة أو بأخرى على مجالها المغناطيسي على مدار الـ3.4 مليار سنة الماضية على الأقل[5].

أَوْجَدَ أوروك وستيفنسون مخرجًا لهذا المأزق باقتراحهما مصدرًا جديدًا للطاقة، إذ اقترحا إمكانية دخول المغنيسيوم إلى اللب؛ لتشكيل سبيكة حديدية، على الرغم من أنه يُعتبر عادةً مادة تكاد تكون غير قابلة للذوبان في الحديد السائل. وتُقترح عناصر سبائكية أخرى على نطاق أوسع[6]، لتفسير سبب صغر القيم التقديرية لكثافة اللب، المستندة إلى البيانات الزلزالية عن نظيرتها في الحديد النقي، إلا أن التوقعات النظرية[7] وبعض التجارب ـ انظر المرجع 8 على سبيل المثال ـ تشير إلى إمكانية ذوبان المغنيسيوم في الحديد السائل عند درجات حرارة عالية بما يكفي. ويرى الباحثان أن المغنيسيوم ـ بسبب عدم قابليته للذوبان في الحديد ـ يمكنه أن يصبح عنصرًا فائق التشبع، بينما يبرد اللب. كما تجدر الإشارة إلى أن ما يلحق ذلك من تسريب للمعادن الحاملة للمغنيسيوم يخلِّف سائلًا غنيًّا بالحديد، يوفر طفوًا بنيويًّا، من شأنه أن يحفز تدفق السائل (الشكل 1).

ولكي يُعتبر ترسيب المغنيسيوم مصدرًا أساسيًّا للطاقة، لا بد من توافر عاملين.. يتلخص الأول في وجوب أن تكون كمية المغنيسيوم المذابة في الحديد السائل خلال تشكُّل اللب كافية لتلبية متطلبات طاقة الجيودينامو. أما العامل الثاني،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيتلخص في ضرورة أن يكون اعتماد ذوبان المغنيسيوم على درجة الحرارة اعتمادًا قويًّا بما يكفي؛ لتعزيز التشبع الفائق للمغنيسيوم مع انخفاض متواضع في حرارة اللب (ربما بضعة مئات من الدرجات، بمقياس كلفن). وإذا لم يحدث ذلك، قد يؤدي تأخير ترسيب المغنيسيوم إلى كبت مصدر الطاقة، وهذا ينطبق على الزمن الحاضر، والماضي كذلك.

حاول أورورك وستيفنسون معالجة المطلب الأول باستخدام البيانات التجريبية المعلَنة مسبقًا[9]، التي تبين تجزئة العناصر بين الحديد السائل وصهارة السليكات، وهو مزيج يمثل بِنْيَة الغلاف وحالته أثناء تشكيل اللب. كما مكّنتْهم هذه البيانات من تقدير تركيز المغنيسيوم والأكسجين والسيليكون في الحديد السائل، فضلًا عن وفرة من العناصر المُحِبَّة للحديد في صهارة السيليكات (وهي العناصر التي تنجذب للحديد، مثل النيكل، والكوبالت، والكروم، والفاناديوم، والنيوبيوم، والتانتالوم)، وذلك في نموذجين لتشكيل اللب. واستخدموا بعد ذلك تقنية حسابية ـ إحدى طرق مونت كارلو ـ لتقييم متوسط درجة الحرارة، وظروف الضغط الخاصة بتشكيل اللب في النموذجين، وذلك عن طريق اختبار نتائج محتملة عديدة.

يمكن أن يبرهن الباحثان الوفرة الملحوظة في العناصر المُحِبَّة للحديد في الغلاف[9] باستخدامهما لنموذج يسمح لجزء صغير من اللب بأن يتوازن مع صهارة السيليكات عند درجات الحرارة العالية (أي عند أكثر من 5,000 كلفن). وقد توافق العديد من نتائج تقنية مونت كارلو في هذا النموذج مع القيود الزلزالية المفروضة على وفرة العناصر الخفيفة في اللب[6]. وتشمل هذه النتائج تلك التي يحتوي فيها اللب السائل على المغنيسيوم بنسبة 1-2 % من وزنه. وبعبارة أخرى.. كان من الممكن لكميات كافية من المغنيسيوم اللازم لتشغيل الجيودينامو أن تُذاب في اللب السائل الأوَّلِي، دون انتهاك القيود المعروفة لتكوين اللب والغلاف[9,6]، إلا أن الشكوك تَحُول دون إجراء تقييم حتمي لترسيب المغنيسيوم. وقد أرجأت استنتاجات مختبَرة بطريقة مونت كارلو ترسيب المغنيسيوم إلى المستقبَل البعيد، في حين أشارت استنتاجات أخرى إلى حدوث الترسيب في وقت مبكر جدًّا؛ حيث إن أسبقية وغزارة الترسيب أمران مطلوبان لتوفير حل فعال لأزمة طاقة الجيودينامو. وتنشأ شكوك كثيرة نتيجة للتقديرات التجريبية لتجزئة العناصر بين الحديد والسيليكات، خاصة عند درجات الحرارة العالية. فعلى سبيل المثال.. اعتمد البحث الحالي على معلومات مستمَدَّة من مجموعة واحدة من التجارب؛ لاستخلاص ذوبان المغنيسيوم[8]. ومن هنا، تتضح ضرورة القيام بمزيد من الجهد؛ للتعامل مع هذه الشكوك، رغم أن إسهام ترسيب المغنيسيوم في الجيودينامو هو بمثابة محفز كبير؛ لتحسين ما نملك حاليًّا من معلومات.

يؤدي ترسيب المغنيسيوم إلى إنتاج مادة صلبة طافية، من شأنها أن ترتفع إلى أعلى اللب[10]. كما سيسهم السائل الكثيف الغني بالحديد في الحمل الحراري الكبير. وهو بذلك يوفر طاقة غزيرة للجيودينامو في معدلات تبريد متواضعة نسبيًّا، تسمح بتراكم السائل الدافئ في الجزء العلوي من اللب، على الرغم من احتمال مزج هذا السائل الدافئ، وإعادته ثانية إلى اللب الداخلي، بسبب الحِمْل الحراري الناتج عن ترسيب المغنيسيوم. كما تُقترح مضاعفات أكثر عن طريق الأدلة التجريبية[9] التي تُظْهِر عدم تشبُّع اللب السائل بالأكسجين والسيليكون، مشيرة إلى أن هذه العناصر يمكن أن تنتقل من الغلاف إلى اللب. إن احتمال التنقل ثنائي الاتجاه عبر الحد الفاصل بين الغلاف واللب في ضوء نظرية أورورك وستيفنسون سيعيد علماء الأرض إلى نقطة الصفر. ■

بروس بافيت يعمل في قسم علوم الأرض والكواكب، جامعة كاليفورنيا، بيركلي، بيركلي، كاليفورنيا 94720-4767، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: bbuffett@berkeley.edu

1. Nimmo, F. in *Treatise on Geophysics* 2nd edn (ed. Schubert, G.) 31–55 (Elsevier, 2015).
2. Pozzo, M., Davies, C., Gubbins, D. & Alfè, D. *Nature* **485,** 355–358 (2012).
3. Gomi, H. & Hirose, K. *Phys. Earth Planet. Inter.* **247,** 2–10 (2015).
4. O'Rourke, J. G. & Stevenson, D. J. *Nature* **529,** 387–389 (2016).
5. Tarduno, J. A. *et al. Science* **327,** 1238–1240 (2010).
6. Badro, J., Côté, A. S. & Brodholt, J. P. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 7542–7545 (2014).
7. Wahl, S. M. & Militzer, B. *Earth Planet. Sci. Lett.* **410,** 25–33 (2015).
8. Takafuji, N., Hirose, K., Mitome, M. & Bando, Y. *Geophys. Res. Lett.* **32,** L06313 (2005).
9. Fischer, R. A. *et al. Geochim. Cosmochim. Acta* **167,** 177–194 (2015).
10. Buffett, B. A., Garnero, E. J. & Jeanloz, R. *Science* **290,** 1338–1342 (2000).

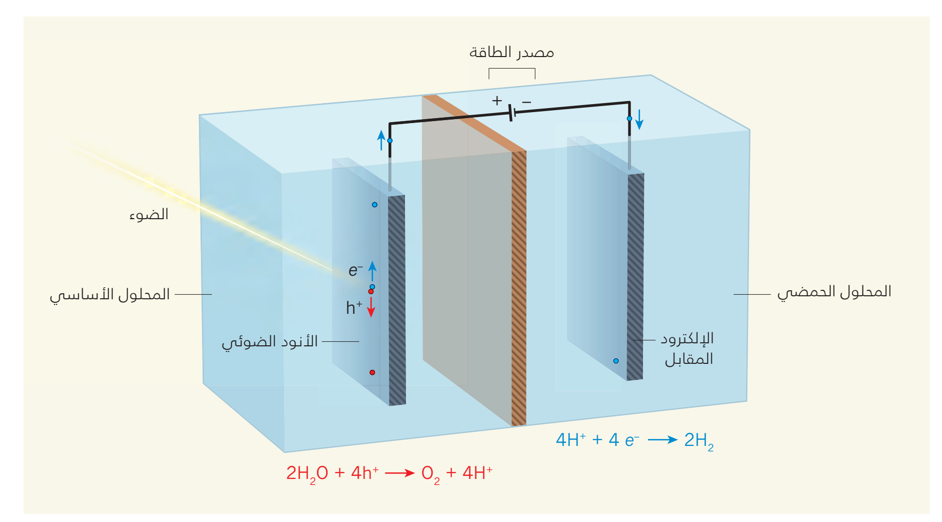
الكيمياء الكهربائية

العوامل الضوئية الحَفَّازة تحت عدسة المجهر

يُعتبر تفاعل تجزئة جزيئات الماء مسارًا واعدًا للطاقة المتجددة. وقد تم التركيز مؤخرًا على المناطق الفعالة للتحفيز، وأفضل المواقع لترسيب العامل الحفاز المساعد، وذلك في تصميم العامل الحفاز المستخدَم في تجزئة جزيئات الماء؛ مما يضع أسسًا لتصميمات مستقبلية واعدة للعوامل الحفازة.

يوهان هوفكنز، ومارتن روفرز

وافقت الدول الأعضاء في الأمم المتحدة مؤخرًا على الحَدّ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية بشكل جوهري. ويُعتبر هذا الالتزام تحديًا للعلماء في سعيهم لتحسين الطرق المستخدَمة في إنتاج الطاقة المتجددة، حيث إنه في عام 1972 تم ابتكار طريقة شيقة[1] لإنتاج غاز الهيدروجين ـ كوقود محتمل ـ من خلال "تجزئة" جزيئات الماء، وذلك باستخدام الطاقة الشمسية والعوامل الحفازة الضوئية الصلبة المستخدَمة في التفاعلات المُحفَّزة بالضوء، ولكن لم يتم تسويق أيٍّ من هذه الطرق تجاريًّا، نظرًا إلى أن عملية تحويل الضوء إلى وقود لا تزال غير فعّالة، على الرغم من استغراق هذه الطريقة لما يزيد على أربعين سنة من البحث المكثف. يَستعرِض سامبور وزملاؤه[2] في بحثهم المنشور في 4 فبراير من دورية *Nature* رؤى مثيرة لكيفية عمل جزيئات العوامل الحفازة الضوئية على المستوى الجزيئي. وقد قدَّمت النتائج التي توصلوا إليها تحديًا لوجهات النظر الحالية، الخاصة بتصميم المحفزات الضوئية، كما أنها اقتربت خطوة من التصميم الهندسي العملي الأمثل للمحفزات الضوئية المستخدَمة في تجزئة جزيئات الماء.



الشكل 1 | خلية تجزئة جزيئات الماء. يمكن أن يُستخدم تفاعُل تجزئة جزيئات الماء المحفَّز بالضوء في إنتاج غاز الأكسجين، وغاز الهيدروجين من الماء. وفي هذا البناء يضرب شعاع الضوء فوق البنفسجي إلكترودًا ما (الأنود الضوئي المصنوع من مادة حفازة ضوئية، مثل أكسيد التيتانيوم TiO_2)، مولدًا بهذا إلكترونات سالبة الشحنة (e^-)، و"ثقوبًا" موجبة الشحنة (h^+)، ثم يُغمر الأنود الضوئي في محلول قاعدة مائي، كما أنه يرتبط بمصدر طاقة كهربائي خارجي. ويسحب هذا المصدر الإلكترونات المحفزة بسرعة، ويقوم بتوجيهها نحو الإلكترود المقابل المغمور في محلول حمضي (مصدر البروتونات موجبة الشحنة H^+)، حيث تنتج غاز الهيدروجين. وتتفاعل الثقوب المتبقية في الأنود الضوئي مع الماء؛ لتكوين الأكسجين. وقد درّس سامبور وزملاؤه[2] تفاعل تشكيل الأكسجين على أكسيد التيتانيوم بمقياس نانومتري.

تعتمِد عملية تجزئة جزيئات الماء بالطاقة الشمسية على الطاقة الداخلية لفوتونات أشعة الشمس، وذلك في إنتاج الهيدروجين وغاز الأكسجين من الماء. وعلى الرغم من أن مصادر عديدة للطاقة المتجددة باتت معروفة، وستكون محطّ الأنظار؛ لتلبية مطالب الطاقة العالمية، إلا أن للهيدروجين ميزة تتمثل في كونه وقودًا نقيًّا، حيث يُعتبر الماءُ النقي هو الشيء الوحيد الناتج عن احتراقه. وتتطلب التجزئة المباشرة لجزيئات الماء وجود أشعة فوق بنفسجية نشطة للغاية، إلا أن الغلاف الجوي المحيط بالأرض يقوم بفلترة هذه الأشعة. ويمكن أن تُنشِّط العوامل الحفازة الضوئية هذا التفاعل باستخدام الفوتونات فوق البنفسجية ذات الطاقة المنخفضة، كما يمكنها في بعض الحالات استخدام فوتونات الضوء المرئي.

تستقطب العوامل الحفازة الضوئية الصلبة الفوتونات، وتنقل الطاقة الشمسية مؤقتًا إلى الإلكترون، ثم تحركه في اتجاه نطاق توصيل المادة الحفازة، مخلفة وراءه "ثقبًا" في نطاق التكافؤ الذري الذي يسلك عندئذ سلوك الجسيمات موجبة الشحنة. ويمكن في هذه الحالة أن يحفز زوج الثقب/الإلكترون التفاعلات الكيميائية على سطح العامل الحفاز الضوئي. فعلى سبيل المثال.. يمكن أن تقوم الثقوب بأكسدة الماء؛ لتكوين كل من غاز الأكسجين والبروتونات (أيونات الهيدروجين)، ومن الممكن أن تحدّ الإلكترونات سالبة الشحنة من هذه البروتونات؛ لتشكيل غاز الهيدروجين. لذا.. يمكن استخدام هذا النوع من التحفيز الضوئي "المتسلسل" لتخزين الطاقة الشمسية في المواد الكيميائية، مثل الهيدروجين.

ويمكن أن تتحد الإلكترونات من جديد مع الثقوب؛ لإنتاج الحرارة. ومع ذلك.. ينبغي تجنب هذه العملية، لأنها تنافس تفاعلات التحفيز الضوئي، وتحدّ من كفاءة الطاقة التي يمكن تخزينها في المواد الكيميائية. وعمليًّا، غالبًا ما تقترن العوامل الحفازة الضوئية بمصدر طاقة كهربائي خارجي، يسحب بدوره الإلكترونات المحفزة بشكل سريع، ثم يتم توجيه هذه الإلكترونات المسحوبة إلى عامل حفّاز منفصل؛ لتشكيل غاز الهيدروجين من البروتونات (الشكل 1). وتُعتبر الثقوب المتبقية في العامل الحفاز الضوئي ـ التي تُسمى في هذا البناء بالأنود الضوئي ـ أكثر عرضة لأكسدة الماء، مما لو لم يتم سحب هذه الإلكترونات. كما يمكن استخدام عامل حفّاز مساعد باعث للأكسجين، ومترسب على الأنود الضوئي؛ لتعزيز أكسدة الماء، والحَدّ من إعادة اتحاد الثقب/الإلكترون غير المرغوب فيه.

من العمليات التي تُعتبر ضرورية للغاية.. عملية التقليل من كميات العوامل الحفازة الضوئية والعوامل الحفازة المساعدة، بغرض تكوين الأنود الضوئي، وذلك ليس لكونها تخفِّض التكاليف فحسب، ولكن لأن العوامل الحفازة المشاركة تتنافس على الفوتونات، عن طريق نثرها، أو امتصاصها[3]. وغالبًا ما تستند محاولات البحث عن التصميمات المُثلى للأنود الضوئي إلى تأويل الدراسات التي تنطوي على كميات كبيرة من المواد، التي يتم فيها حَجْب العمليات الجزيئية الضمنية، لأنها تأتي بنتائج متساوية. كما تهمل هذه الأساليب الفروق المتأصلة بين الجسيمات الفردية التي تشكل كتلة المادة. وتُعتبر المواد الحفّازة الصلبة معقدة البِنْيَة على أصغر المقاييس، حتى إنّ البلورات المثالية ظاهريًّا تحتوي على عيوب متناهية الصغر في الأسطح التي تحدث فيها التفاعلات[4].

استخدم سامبور وزملاؤه طريقتين للقياس المباشر لأداء العوامل الحفازة الضوئية من ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2)، حيث قاموا أولًا بتحديد مواقع تفاعلات الأكسدة والاختزال المفردة على سطح العامل الحفّاز بدقة المقياس النانومتري، وذلك باستخدام المواد المتفاعلة من مولدات الفلورة (مولدات المركّبات الأوّلية لمنتجات الفلورسنت)[5-7].

وقد رفعت هذه القياسات النقابَ عن النقاط الفعالة لتفاعلات الأكسدة والاختزال، وفوجئنا بأنها تتداخل بحوالي أربعين نانومترًا.

ثانيًا، قام الباحثون بتحليل عدد الإلكترونات التي يمكن سَحْبها من الأنود الضوئي، حيث تمت إضاءة أجزاء مختلفة منه بشكل انتقائي. واعتمد الباحثون على هذه القياسات؛ لاستنتاج الكفاءة التي تؤهل الفوتون الممتص في موضع محدد؛ لإجراء تفاعل أكسدة، أو الاتحاد غير المرغوب فيه مجددًا بين الثقب/الإلكترون. وقد لاحظوا أن النقاط الفعالة للأكسدة والاختزال هي أيضًا المناطق الأكثر نشاطًا؛ لإعادة الاتحاد غير المرغوب.

واستنادًا إلى المعلومات المتوافرة عن تنوع التفاعلات تبعًا للموضع المكاني، يتابع سامبور وزملاؤه عملهم في الترسيب المكاني الانتقائي للعوامل الحفازة المساعِدة والباعثة للأكسجين، وذلك في النقاط الفعّالة، أو في المناطق التي ينخفض نشاطها الداخلي. وعلى حين غرّة، أدرك الباحثون أن تحرير الأكسجين قد تحسَّن بشكل أكثر فعالية عندما تَرَسَّب العامل الحفاز المساعد في المناطق ذات النشاط الداخلي المنخفض. ولا تُعتبر هذه المناطق حاليًّا هدفًا للباحثين، نظرًا إلى مَيْل طرق الترسيب التقليدية إلى ترسيب العامل الحفاز المساعد في المواضع الأكثر نشاطًا[8].

يمهِّد عمل سامبور وزملاؤه الطريق للتصميم الهندسي العملي الأمثل للمحفِّزات، وكذلك لتحسين عملية تشغيل الأنود الضوئي، حيث تعتبر القدرة على التحديد الدقيق للكفاءة الكهروكيميائية وفعالية الأكسدة والاختزال للعوامل الحفازة الضوئية بالمقياس النانومتري خطوة كبيرة إلى الأمام. ومع ذلك.. يمكن أن تؤدي التحديات التي تعترض هذه النتائج إلى تطوير تقنيات محسَّنة. ومن هذه التحديات، على سبيل المثال: كيف يمكن أن يَستخدِم الباحثون المعلومات المقتبَسة من طريقة الجسيم المفرد التي استخدموها ـ في الانتقاء المكاني لترسيب العامل الحفاز المساعد ـ بأسلوب سهل ذي تكلفة مقبولة؛ لتطبيقه على نطاق أوسع؟ وإضافة إلى ذلك.. يقتصر التحليل المكاني للتجارب على بضع عشرات من النانومتر. وهذا يعني أن هذه البيانات لا زالت تعبر عن متوسط الأداء لآلاف الذرات السطحية، ومن المحتمل أن يكون الكثير منها مواقع حفازة. كما أن هناك مجالًا واسعًا للتحسين، عن طريق تعزيز التقنيات المستخدَمة في التحليل الضوئي، على سبيل المثال.

تثبت رؤى الباحثين من جديد ـ وعلى نطاق أوسع لعمل العوامل الحفازة الضوئية من أكسيد التيتانيوم ـ مدى تعقيد العمليات المحفزة المطبَّقة على المواد الصلبة عمومًا[9]. وتؤكد تجاربهم المتقدمة مدى صعوبة قدرة الدراسات واسعة النطاق على ضبط هذا التعقيد بالشكل الصحيح، وصياغة مبادئ توجيهية للتصميم العملي الأمثل للعوامل الحفازة[10]. ■

يوهان هوفكنز من قسم الكيمياء، و**مارتن روفرز** من قسم النظم الميكروبية والجزيئية في جامعة لوفان الكاثوليكية، B-3001 هيفرلي، بلجيكا.
البريد الإلكتروني: johan.hofkens@chem.kuleuven.be؛ maarten.roeffaers@biw.kuleuven.be

1. Fujishima, A. & Honda, K. *Nature* **238,** 37–38 (1972).
2. Sambur, J. B. *et al. Nature* **530,** 77–80 (2016).
3. Gamelin, D. R. *Nature Chem.* **4,** 965–967 (2012).
4. Roeffaers, M. B. J. *et al. Nature* **439,** 572–575 (2006).
5. Roeffaers, M. B. J. *et al. Angew. Chem. Int. Edn* **48,** 9285–9289 (2009).
6. Zhou, X. *Nature Nanotechnol.* **7,** 237–241 (2012).
7. Tachikawa, T., Yamashita, S. & Majima, T. *J. Am. Chem. Soc.* **133,** 7197–7204 (2011).
8. Kim, T. W. & Choi, K. S. *Science* **343,** 990–994 (2014).
9. Zecevic, J., Vanbutsele, G., de Jong, K. P. & Martens, J. A. *Nature* **528,** 245–248 (2015).
10. Plessers, E. *et al. ACS Catal.* **5,** 6690–6695 (2015).

الفيزياء البصرية

نبضات ضوئية بالغة القِصَر تهزّ الذَّرّات

تم فحص استجابة الإلكترونات الموجودة في الذرات لنبضات ضوئية بصرية بالغة القِصر، من خلال قياس الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الذرات؛ حيث كَشَف ذلك عن تأخر زمني محدود في توقيت الاستجابة.

كيونج تيك كيم

يُعتبر توصيف استجابة الذرات والجزيئات لموجة ضوئية بمثابة خطوة أولية في فهم التفاعلات الأساسية التي تحدث بين الضوء والمادة. وبسبب السرعة الفائقة لاستجابة الإلكترونات الموجودة في الذرات للموجات الضوئية، بُذل الكثير والكثير من الجهد لتطوير مصادر ضوئية تنتج نبضات قصيرة قدر الإمكان، من أجل دراسة هذه الديناميكيات فائقة السرعة. وعن ذلك.. نَشَر حسن وزملاؤه[1] بحثًا حول توليد نبضات ضوئية بنطاقات زمنية أقل من الفيمتوثانية في النطاقات الطيفية المرئية، والنطاقات القريبة منها (تعادل الفيمتوثانية الواحدة 10-15 من الثانية)، واستخدموها لتتبُّع الاستجابات غير الخطية للضوء في إلكترونات ذرات الكريبتون؛ فوجدوا أن هناك زمنًا محددًا للاستجابة.

تتكون الذَّرَّة من إلكترونات سالبة الشحنة، ونواة موجبة الشحنة، وعادةً ما تُشَبَّه استجابة الذرة لموجة ضوئية بسلوك نظام مكوَّن من كتلتين متصلتين بزنبرك، إحداهما تمثل إلكترونًا مقيدًا، والأخرى تمثل بقية الذَّرَّة (الشكل 1). وبِتَعَرُّض الذَّرَّة لموجة ضوئية؛ يتحرك الإلكترون، نسبة إلى النواة، مدفوعًا بقوة لورنتز ـ وهي نتاج مجموع القوى الكهربائية والمغناطيسية، وتؤثر على شحنة نقطية في وجود مجال كهرومغناطيسي ـ ما يؤدى إلى فصل الشحنة. في مجال ضوئي

ضعيف، تتناسب قوة المجال خطيًّا مع عملية فصل الشحنة، ما يعني أن الإلكترون يتأرجح بقوة المجال الضوئي نفسها، لكن حين تتعرض الذرات لمجال ضوئي قوي ـ أضعف من أن يُحدِث الكثير من التأين ـ تزيد الأمور تعقيدًا. فبابتعاد الإلكترون عن النواة، يتأرجح بشكل غير خطي، نسبة إلى المجال الضوئي؛ ما يعني أنه يمكن لهذا الإلكترون أن يبعث إشعاعًا، يكون مجاله الطيفي أوسع من المجال الضوئي المفروض. ويُعَدّ هذا الإشعاع بمثابة مفتاح لفهم الاستجابة غير الخطية للمجال الضوئي القوي، التي تحدث في الذرات.

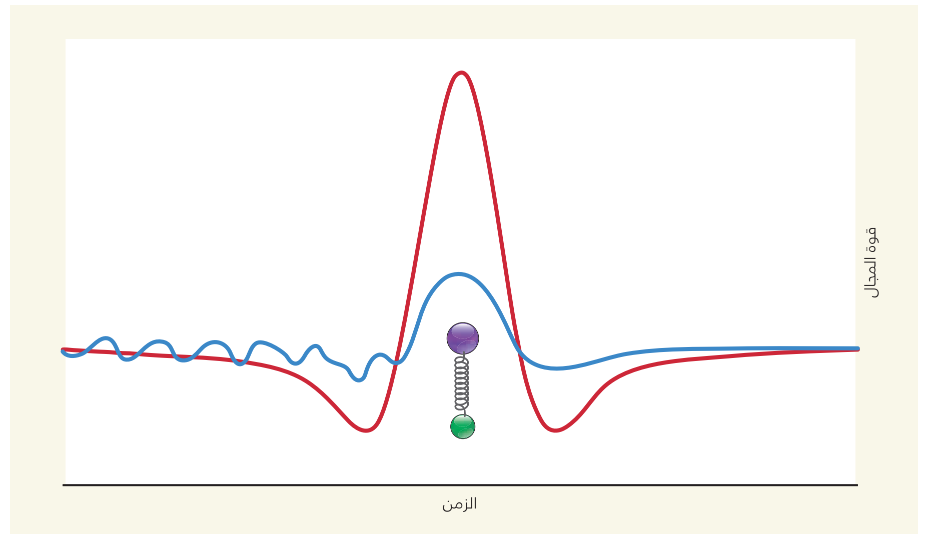
ولاستطلاع هذا النوع من الاستجابات غير الخطية، وَلَّد حسن وزملاؤه نبضات بصرية قصيرة في نطاق الأتوثانية، وهي ومضات من الضوء، تقع في النطاقات الطيفية المرئية، والنطاقات القريبة منها، وتستمر لعدة مئات من الأتوثانية (تعادل الأتوثانية الواحدة 10-18 من الثانية). بدايةً، قام الباحثون بتمرير نبضات ليزر في ليف مجوف مليء بغاز النيون[2]؛ ما وَسَّع نطاق النبضات الطيفي، ليشمل النطاقات القريبة من الأشعة تحت الحمراء، والمرئية، والأشعة فوق البنفسجية (وهي تعادل ما بين حوالي 1.1، و4.6 إلكترون فولت من الطاقات الفوتونية). ومن ثم، تم تقسيم الطيف إلى أربعة أجزاء، وتم ضبط كل جزء على النحو الأمثل؛ لإنتاج نبضات بفترات زمنية أقصر. وقام الباحثون بجمع النبضات الأربع، مع التحكم في أطوارها (أي مراحل تقدُّمها في دورات موجاتها الكهرومغناطيسية) بشكل يسمح بتوليد نبضات أتوثانية بصرية.

يتميز مخلّق المجال الضوئي هذا بأدائه الاستثنائي، إذ تصغر مدة نبضة الليزر من 22 فيمتوثانية إلى 975 أتوثانية، دون فَقْد الكثير من الطاقة؛ وتبدو النبضة المُخَلقة كنبضة بنصف دورة (الشكل 1). يُعَدّ ذلك أول استعراض لتوليد نبضات ضوئية معزولة في نطاقات زمنية أقل من الفيمتوثانية، في النطاقات الطيفية المرئية وفوق البنفسجية.

قام الباحثون بعد ذلك بتعريض ذرات الكريبتون للأشعة باستخدام نبضات أتوثانية بصرية مكثفة، يتغير بشكل كبير نمط تطوُّر حالها مع مرور الزمن، بناءً على أطوارها. ووفقًا لذلك.. أظهرت أطياف الأشعة فوق البنفسجية التي تولِّدها ذرات الكريبتون تعديلات جلية في سعة الموجة، تعتمد على طور النبضة. وتكشف البيانات عن تأخر الاستجابة غير الخطية للضوء في إلكترونات الكريبتون المقيدة، ما قد يزداد أكثر بمقدار يصل إلى 115 أتوثانية مع زيادة قوة المجال الضوئي المفروض.

كما ابتكر الباحثون أيضًا معادلة لوصف الاستجابة غير الخطية، وأثبتوا صحتها، وأوضحوا أنها تؤدي إلى النتائج التجريبية نفسها، بما فيها التأخير الزمني. وهم يُرجِعون الاستجابة التي حدثت إلى زيادة في الاستقطاب غير الخطي الكلي للذرة، أثناء تفاعلها مع نبضة أتوثانية بصرية.

إن هذا العمل يحمل في طياته أمورًا مهمة، قد تساعد الأبحاث المستقبلية في مجال السرعات الفائقة. فحتى الآن، تُعتبر نبضات أتوثانية في نطاق الأشعة السينية هي الأداة الرئيسة في تجارب "الضخ والتتبع" فائقة السرعة (pump-probe experiments)، إذ تقوم فيها بدور كلٍّ من مُحفِّز التأثير الفيزيائي المطلوب دراسته، ومُتتبِّع النتائج؛ إلا أن تطبيقاتها تظل محدودة للغاية، بسبب ضعف حدّتها. أما نبضات الأتوثانية البصرية، التي استخدمها حسن وزملاؤه، فهي قوية بما يكفي لتحفيز العمليات التي تتم في المجال القوي، ما يفتح الطريق لتجارب جديدة. كما يمكن تسليط مثل هذه النبضات على الجزيئات والمواد الصلبة، التي قد تُظهِر استجابات غير خطية مختلفة، معتمدةً على ديناميكيات[4] وبِنْيَة[5] بروتوناتها.



الشكل 1 | حركة إلكترون مقيد، في موجة ضوئية تمرّ بنصف دورة. يمكن اعتبار أن سلوك ذرة وسط موجة ضوئية يشبه سلوك نظام مكوّن من كتلتين متصلتين بزنبرك، كتلة منهما خفيفة وتمثل إلكترون مقيد (الكرة الخضراء)، والأخرى ثقيلة وتمثل بقية الذرة (الكرة البنفسجية). يتأرجح الإلكترون نسبةً لبقية الذرة، مدفوعًا بالقوة الكهربائية المرتبطة بالمجال الضوئي المفروض (يشير الخط الأحمر إلى المجال الضوئي؛ وتمثِّل النبضة الضوئية هنا بنصف دورة موجة كهرومغناطيسية). وقد يصدر الإلكترون المتأرجح إشعاع لاخطي (الخط الأزرق). استخدم حسن وزملاؤه[1] نبضات ضوئية بنطاقات زمنية أقل من الفيمتوثانية، في النطاقات الطيفية المرئية والنطاقات القريبة منها، لتتبع وفحص الإشعاع المنبعث من ذرات الكريبتون.

إن استعراض نبضات الأتوثانية البصرية وتطبيقاتها في دراسة الاستجابات المتأخرة في الذرات، لأمر لافت للنظر. لكن لا يزال هناك قضية واحدة لم تُحلّ بعد.. حيث إن التحليل الوارد في هذا البحث يعتمد على قياسات السعة الطيفية؛ وللوصول مباشرة إلى الاستجابة اللاخطية، ينبغي توصيف كلًّا من سعة الإشعاع الصادر من الذرات بسبب المجال الضوئي، وطوره. ويحمل ذلك العديد من التحديات، إذ لا يوجد طريقة سهلة لقياس طور أي إشعاع في الموجات فوق البنفسجية. لكن إذا ما تحقق ذلك، فسيفتح أفقا آخر جديد في مجال السرعات الفائقة. ■

كيونج تيك كيم يعمل في مركز علوم الليزر النسبية، معهد العلوم الأساسية، وفي قسم الفيزياء وعلوم الفوتون، معهد جوانجو للعلوم والتكنولوجيا، جوانجو، جمهورية كوريا.

البريد الإلكتروني: kyungtaec@gist.ac.kr

1. Hassan, M. Th. *et al. Nature* **530,** 66–70 (2016).
2. Nisoli, M. *et al. Opt. Lett.* **22,** 522–524 (1997).
3. Corkum, P. B. & Krausz, F. *Nature Phys.* **3,** 381–387 (2007).
4. Baker, S. *et al. Science* **312,** 424–427 (2006).
5. Itatani, J. *et al. Nature* **432,** 867–871 (2004).

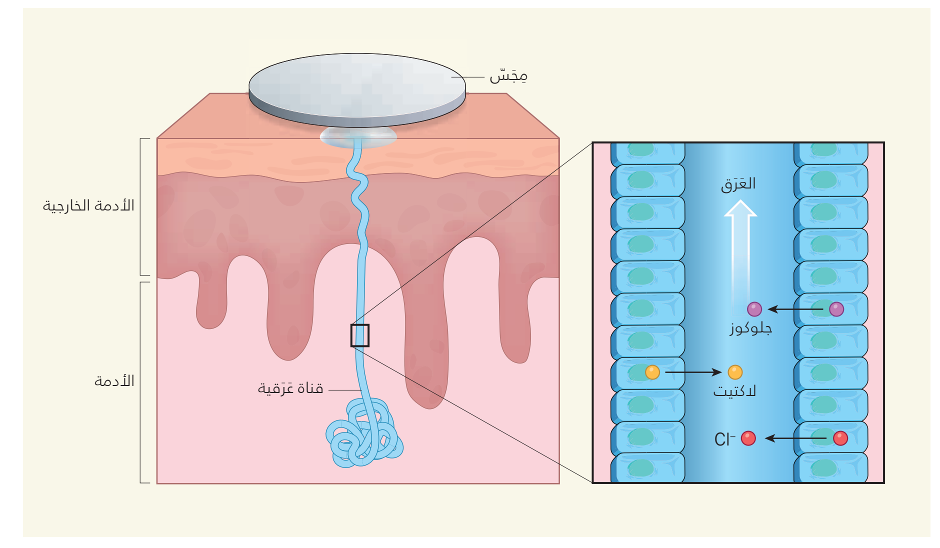
أجهزة التحليل الحيوية

قفـزة تكنولوجيـة في استشعـار العَـرَق

يُعتبر تحليل العَرَق المُفْرَز طريقة مثالية لمراقبة الحالة الفسيولوجية بشكل مستمر، إلا أن تطوير أجهزة قادرة على أداء ذلك أمر صعب. لذا.. يُعَدّ إنشاء جهاز قابل للارتداء، يقوم برصد العَرَق، وقياس عدة مؤشرات حيوية فيه، إنجازًا ضخمًا.

جيسون هايكنفيلد

قد يأخذ منك مدرِّبك الرياضي، أو طبيبك، أو حتى الصيدلي القريب منك عيِّنة دم، أو لعاب، أو بول؛ لتحليلها، وقياس مستويات مجموعة كبيرة من المواد التي تساعد في تقييم حالتك الفسيولوجية وقت أخذ العينة، إلا أنّ أجهزة القياس المستخدَمة كلها صعبة التنقل، ولا يمكنها أن تستمر في جمع البيانات بشكل متواصل لعدة ساعات أو أيام؛ باستثناء وسائل قياس الجلوكوز، الذي يتطلب أخْذ عينات من الدم بواسطة إبرة بشكل متكرر على فترات زمنية منتظمة. ومن ثم، قام جاو وزملاؤه[1] بنشر تقرير يستعرض جهازًا غير غازٍ لأنسجة الجسم بالمرة، يقوم بعملية رصد حيوي مستمرة؛ هو بمثابة شريط قابل للارتداء، مزوَّد بتقنية بلوتوث، ويحوي لوحة بها مجسّات



الشكل 1 | تحليل العَرَق. تُفرز مؤشرات حيوية كثيرة، مثل الجلوكوز، واللاكتيت، وأيونات الكلوريد في العَرَق، قادمةً من خلايا جدران قنوات التعرُّق الموجودة في الجلد. وتعكس تلك المؤشرات الحالة الفسيولوجية للشخص. وقد استعرض جاو وزملاؤه[1] أجهزة قابلة للارتداء حول المعصم أو الرأس، يمكنها تحليل العديد من الجزيئات والأيونات في العَرَق بشكل مستمر، باستخدام مجسّات موضوعة على سطح الجلد (الشكل مقتبَس من المرجع 2).

للصوديوم، والبوتاسيوم، واللاكتيت، والجلوكوز، ودرجة حرارة الجلد. وبدلًا من استخدام السوائل الجسدية المذكورة في البداية، يَعتمِد الجهاز على قياس المواد المطلوب تحليلها في عَرَق الإنسان.

إن صناعة شريط قادر على استشعار المواد الذائبة في العَرَق كهروكيميائيًّا أمر صعب للغاية؛ إذ يتطلب صناعة مجسّات خاصة من كمية صغيرة جدًّا من المواد الكيميائية الأساسية، حيث لا يمكن شراؤه مثلما يتم شراء رقائق مقياس التسارع المستخدَمة في صناعة ساعات اليد الذكية، وغيرها من أجهزة تتبع النشاط. كما يصعب إنتاج أجهزة إلكترونية قادرة على التأقلم مع الإعاقة الكهربائية الفائقة الموجودة في المجسّات. وكخطوة أولية، يجب التوصل إلى طريقة لأخذ مثبت الجهد الذي يُستخدم للتحكم في تجارب التحليل الكهربائي، والذي قد يفوق وزنه 2 كجم، وتصغيره وترقيقه بشكل يكفي لِلَفِّه حول المعصم.

ظلت تحليلات العَرَق لعدة عقود حكرًا على المختبرات الطبية، ما حَدَّ من استخدامها على نطاق أوسع. فأولًا، مَن يستطيع تحمُّل تكاليف الحصول على كادر طبي مدرب، إضافة إلى المعدات اللازمة؟ وثانيًا، يمكن للطرق الإكلينيكية التقليدية المستخدَمة لجمع عيِّنات العَرَق واستشعاره أن تنتج قياسات غير دقيقة، إذ إن البِنْيَة التحتية الحالية للمعدات الإكلينيكية غير مجهَّزة بشكل جيد للتعامل مع الكميات الضئيلة الموجودة في العَرَق.

عالَج جاو وزملاؤه تلك المشكلة بوضعهم أجهزة إلكترونية متناهية الصغر على الجلد مباشرة، تَستشعِر العَرَق المفرَز (الشكل 1)، وهو ما قام آخرون باستعراضه من قبل أيضًا[2-6]؛ حيث تُحَلِّل تلك الأجهزة العَرَق والمواد الذائبة فيه بسرعة، فور إفرازه على سطح الجلد. وهي تتميز بكونها تملك انتقائية كهروكيميائية عالية[3]. فبرغم صغر حجمها، إذ تقع في نطاق عدة مليمترات مربعة، أو أقل، تستطيع تمييز نوع محدد من الأيونات أو الجزيئات من بين الآلاف الموجودة في العَرَق.

تُعَدّ هذه الإمكانية طفرةً مهمة في عالم الأجهزة القابلة للارتداء، وما كان تحقيقها ممكنًا بمجرد تطوير المجسّات البدائية فحسب ـ الكهربائية أو الضوئية ـ الموجودة في أجهزة تتبُّع النشاط، المتاحة في الأسواق. فعلى سبيل المثال.. تَستخدِم أجهزة تتبُّع النشاط طريقة بسيطة لقياس الاتصال الكهربائي على الجلد، وهو مقياس غير كمي لمعدل التعرُّق؛ في حين يمكن لقياس تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم بواسطة المجسّات الكهروكيميائية أن يحدد معدل التعرُّق[2]، وكذلك الكمية الإجمالية للشوارد الكهربية المفقودة أثناء التمرين.

من المهم الالتفات إلى أن جاو وزملاءه قد استخدموا الكثير من المجسّات في جهازهم النهائي، في حين كانت الأجهزة المقترحة في السابق تَستخدِم مجسًّا واحدًا فقط، ما قد يُنتِج معلومات مضلِّلة، فإذا تَسَبَّب مجسّ واحد في تغيُّر الإشارة، قد يعود ذلك إلى توقف التعرُّق، أو وقوع الجهاز، أو حتى فشله في القيام بوظيفته، لكن وجود أكثر من مجس قد يوضح ما الذي حدث بالضبط. فمثلًا، لا تتغير مستويات البوتاسيوم في العَرَق مع تغيُّر معدَّل التعرُّق، أو مع حدوث تغيرات فسيولوجية طبيعية في الجسم[2]. وبالتالي، إذا ظهر تغيُّر في إشارات مستويات الصوديوم، أو اللاكتيت، أو الجلوكوز، مع ثبات إشارات البوتاسيوم؛ يمكن التيقُّن بأن التغيرات الاستشعارية الأخرى قد سَبَّبها حدث فسيولوجي حقيقي.

وقد مَكَّنَتْ خاصية "البلوتوث" الموجودة في الجهاز جاو وزملاءه من مراقبة البيانات التي تم تسجيلها على مدار ساعة متواصلة على الأقل. وباستخدام أنواع المجسّات والإلكترونيات المطروحة، يُفترض نظريًّا أن تمتد تلك المدة إلى 24 ساعة، أو أكثر. هذا.. ولم تحتو الأجهزة التي طُرحت في السابق على تلك الخاصية. وقد عملت شركات ناشئة على إنتاج تقنيات لاستشعار التعرُّق، مزودة بخاصية "البلوتوث"، على هيئة ساعات يد[7]، أو لاصقات[8]؛ وهي تقنيات فعالة، لكنها لم تُنشَر.

إن التطبيقات المحتملة لأجهزة استشعار العَرَق القابلة للارتداء تمتد بشكل أوسع بكثير عن نطاق التطبيقات المتعلقة بممارسة الرياضة. فعلى سبيل المثال.. يُعَدّ هرمون الكورتيزول إحدى مؤشرات الإجهاد، وتركيزاته في العَرَق مماثلة لتلك الموجودة في الدم[2]؛ ما يجعل منه هدفًا محتملًا لعمليات المراقبة المستقبلية. وكذلك تُفرز الأدوية ذات الجزيئات صغيرة الحجم في العَرَق، مع نواتج أيضها. ومن ثم، قد يُستخدم هذا السائل يومًا ما للتحكم في كمية الدواء الفعال الموجودة في دم المريض، تجنبًا لزيادة وانخفاض مستوياته ما بين الجرعات.

تَعتمِد الأجهزة القابلة للارتداء ـ والمتاحة في الأسواق اليوم ـ بشكل كبير على تقنيات يمتد عمرها إلى عقود مضت، ويعود نجاحها إلى كونها تجمع بين توافرها بأسعار معقولة، وسهولة استخدامها، وكذلك وعي المستهلك المتنامي بالأمور الصحية. وفي الغالب، ستقود الإنجازات العلمية الطفرة القادمة في عالَم الأجهزة القابلة للارتداء، إذ تتمتع المراقبة الحيوية للعَرَق بالإمكانيات الأعظم على الإطلاق من بين كل التقنيات الناشئة غير الغازيّة لأنسجة الجسم، إلا أن ذلك لن يُستغل، ما لم يسع العلماء سعيًا حثيثًا لدراسة العلوم الأساسية التي يتضمنها هذا النهج الجديد. فمثلًا، تتفاخر التقنيات المتطورة والتجارية بأخْذ عينات الدم، وتحليلها في الحال، وفي مكان وجود المريض، وكذلك تقنيات الاستشعار.. بقدرتها على تحليل عيِّنات صغيرة جدًّا ـ قد تصل إلى 20 ميكرولترًا فقط ـ في بعض الإختبارات؛ في حين أن المجسات الجديدة الموضوعة على الجلد، التي يبلغ حجمها عدة مليِّمترات مربعة، تتلقى على الأكثر بضع نانولترات من العَرَق في كل دقيقة[2]، إلا أن مجرد وضع تلك الأجهزة على الجلد لا يحل المشكلة بشكل تام، حيث إن الفراغ ما بين الجهاز وسطح الجلد الخشن يظل كبيرًا، حتى إنّ عملية استبدال عيِّنات العَرَق الجديدة بالمتراكمة تستغرق عشرات الدقائق[2]. وبرغم أنها لا تراقب النشاط الرياضي بشكل فوري تمامًا، إلا أنها بداية جيدة، وهي بالتأكيد أفضل من أخْذ عيِّنات دم بشكل متكرر.

ويجب التفكير أيضًا في التطبيقات المحتمَلة الأخرى في الأوضاع التي قد لا يفرز جسمك العرق فيها، كمراقبة مستويات الدواء الذي تتعاطاه أثناء جلوسك في المكتب مثلًا. وبالفعل، توجد الآن طرق لتحفيز التعرُّق في مكان محدد، بواسطة عملية نشْر أيوني، على سبيل المثال، يُستخدم فيها تيار كهربائي صغير لإدخال محفِّز للتعرُّق في الجلد، لكنْ حيث إن هذه التقنيات استُخدمت تجاريًّا لتجميع عيِّنات عَرَق منفردة، وليس مراقبة التعرُّق بشكل متكرر، أو متواصل على مدار يوم، أو أسبوع؛ فيجب إنشاء طرق بديلة.

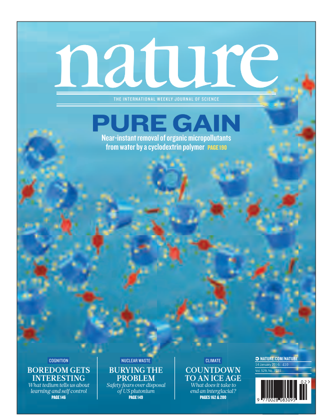
ولِحُسْن الحظ، لا تشكِّل التحديات الأخرى التي تتضمنها المراقبة الحيوية للتعرُّق معضلات أساسية. وقد كشف عمل جاو وزملائه، وأعمال قام بها آخرون أيضًا[2-6] عن كَمّ الفرص المتاحة في هذا المجال. وبلا شك.. سيتوصَّل الباحثون إلى ابتكارات جديدة؛ تنقل تلك التكنولوجيا الجذابة يومًا ما إلى شيء لن نستطيع العيش دونه. ■

جيسون هايكنفيلد يعمل في قسم الهندسة الكهربائية وأنظمة الحاسوب، جامعة سينسيناتي، سينسيناتي، أوهايو 45221، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: heikenjc@ucmail.uc.edu

1. Gao, W. *et al. Nature* **529,** 509–514 (2016).
2. Sonner, Z. *et al. Biomicrofluidics* **9,** 031301 (2015).
3. Bandodkar, A. J. & Wang, J. *Trends Biotechnol.* **32,** 363–371 (2014).
4. Huang, X. *et al. Small* **10,** 3083–3090 (2014).
5. Rose D. P. *et al. IEEE Trans. Biomed. Eng.* **62,** 1457–1465 (2015).
6. Matzeu, G. *et al. Anal. Meth.* **8,** 64–71 (2016).
7. www.idtechex.com/research/articles/idtechex-printed-electronics-usa-2014-award-winners-00007085.asp
8. www.eccrinesystems.com/sweatronicsplatform

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 14 يناير 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 14 يناير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

كيمياء

وَسْم التريتيوم بواسطة الحديد

تُعَدّ المركّبات الموسومة راديويًّا، التي تحتوي عادة على ^{3}H، أو ^{14}C وسيلة فعالة في الحراك الدوائية والتشخيصية. يصف الباحثون في تلك المخطوطة طريقة جديدة لحدد محفز؛ لوَسْم المستحضرات الدوائية بـ^{3}H بطريقة مباشرة، وذلك بتبادل نظير الهيدروجين باستخدام غاز التريتيوم كمصدر للنظير الراديوي. يتعامد انتقاء موقع عامل الحديد الحفّاز مع عوامل الإيريديوم الحفازة المستخدمة حاليًّا، ويسمح بالوسم النظائري لمواضع تكميلية بجزيئات الدواء؛ مما يوفر وسيلة تشخيصية جديدة في تطوير الأدوية.

Iron-catalysed tritiation of pharmaceuticals

R Yu *et al*

doi: 10.1038/nature16464

أحياء جزيئية

آلية دعم للخلايا الجذعية السرطانية

إنّ كيفية تنظيم الخلايا الجذعية السرطانية لدفع تطور الورم ما زالت غير واضحة، حيث يتم التعبير عن بروتينات ID2 والعوامل المستحثة بنقص الأكسجين "HIF" في الخلايا الجذعية السرطانية من الورم الدبقي. ويُظْهِر أنطونيو إيافاروني وزملاؤه كيف تنشط إنزيمات فوسفوتيروسين كينيز بروتين ID2؛ لتعدل مستوى HIF-2، والخصائص المكونة للأورام للخلايا السرطانية المرتبطة بالورم الأرومي الدبقي، عن طريق التفاعل مع مركّب ليجيز اليوبيكويتين VHL. وتشير هذه النتيجة إلى مسار علاجي ممكن للتداخل مع نشاط هذه الخلايا الجذعية السرطانية.

A n ID2-dependent mechanism for VHL inactivation in cancer

S Lee *et al*

doi: 10.1038/nature16475

علم المواد

معالجة المياه عن طريق بديل كربوني

تمثيل لبوليمر عريض المساحة السطحية متوسط المسامية من البيتا ديكسترين الحلقي.

عادةً ما تتم تنقية المياه ومعالجتها باستخدام أشكال مختلفة من الكربون المُنَشَّط؛ حيث إنه رخيص، ولكنه يزيل جزئيًّا فقط العديد من الملوثات العضوية. ومع ذلك.. فإن إعادة تجديد الكربون المنشط لإعادة الاستخدام كثيف الطاقة، ويتطلب درجات حرارة مرتفعة، وتقل الكفاءة عند إعادة التدوير. وقد طوَّر ويليام ديشتيل، وداميان هيلبلينج وزملاؤهم بديلًا للكربون المنشط لمعالجة المياه، وهي مادة مسامية قائمة على الديكسترينات الحلقية المتصالبة. ولا يقتصر الأمر على تلك المادة التي تتفوق على الكربونات المنشطة بامتصاص مجموعة من الأدوية والمبيدات وغيرها من الملوثات، ولكن يمكن إعادة تجديدها بسهولة عن طريق الغسل في درجة حرارة الغرفة.

Rapid removal of organic micropollutants from water by a porous β-cyclodextrin polymer

A Alsbaiee *et al*

doi: 10.1038/nature16185

فلك

النجوم الأكثر قِدَمًا تُتابِع الحركة المغزلية

من الصعب استنتاج الأعمار النجمية، لكن تلك المسألة مركزية بالنسبة إلى تفسير العديد من الظواهر في الفيزياء الفلكية. ومن الأنظمة المستخدَمة لتحديد العمر النجمي نظام "التسلسل الزمني التدويري" gyrochronolog الذي يقوم على حقيقة أن فقدان الكتلة والزخم الزاوي يتسببان في تباطؤ بالدوران السطحي مع تقدُّم عمر النجوم. تمَّت معايرة مقياس التسلسل الزمني التجريبي مؤخرًا، وكشف استخدامه عن بطء دوران واضح بالنجوم الأقدم. وتَعْرِض جينيفر فان ساديرز وزملاؤها نمذجة تطورية نجمية، تؤكد على وجود دوران سريع غير متوقَّع بالنجوم الأكثر تطورًا من الشمس. وقد برهنوا على أن الكبح المغناطيسي الواهن بشكل درامي ـ الخاص بالنجوم الأقدم ـ يقوم بإعادة إنتاج بيانات سيزمية نجمية، وحَشْدِيّة، حيث لا وجود لعلاقات قائمة. واستخلص الباحثون أن التسلسل الزمني التدويري قد يشكل دليلًا موثوقًا فيه للأعمار النجمية التي تصل إلى 2.5 مليار سنة، ولكن تلك النجوم الأقدم لا يبدو أنها تقوم بحركتها المغزلية السفلية بشكل يمكن التنبؤ به.

Weakened magnetic braking as the origin of anomalously rapid rotation in old field stars

J Saders *et al*

doi: 10.1038/nature16168

رَصْد مَجَرَّة "معادة التأيُّن"

مر الكون المبكر عبر فترة عُرِفت بالعصور الكونية المظلمة، عندما كانت المادة رقيقة إلى حد كبير بالنسبة للإشعاع، وتحولت إلى غاز متعادل، ولكنها بعد حوالي 800 مليون عام من بعد الانفجار العظيم تأيَّنت مرة أخرى. إذن، ما هي المصادر المسؤولة عن إعادة التأين هذا؟ إنّ المجرات المكوّنة للنجوم منخفضة الكتلة كانت مرشحًا أساسيًّا، ولكنها صعبة الرصد. يقدِّم يوري إيزوتوف وزملاؤه رصدًا فوق بنفسجي لمجرة مكوِّنة للنجوم منخفضة الكتلة، يمكن اعتبارها بديلًا عن حشد مَجَرِّي معاد التأين. تقوم المجرة J0925+1403 بتسريب إشعاع متأين ذي كسر هروب ما يقرب من 8%. والعدد الكلي للفوتونات المنبعثة أثناء طور الاندلاع النجمي كاف لتأيين المادة الوسطية بين المَجَرِّية، التي تبلغ 40 ضعفًا من حجم الكتلة النجمية للمجرة.

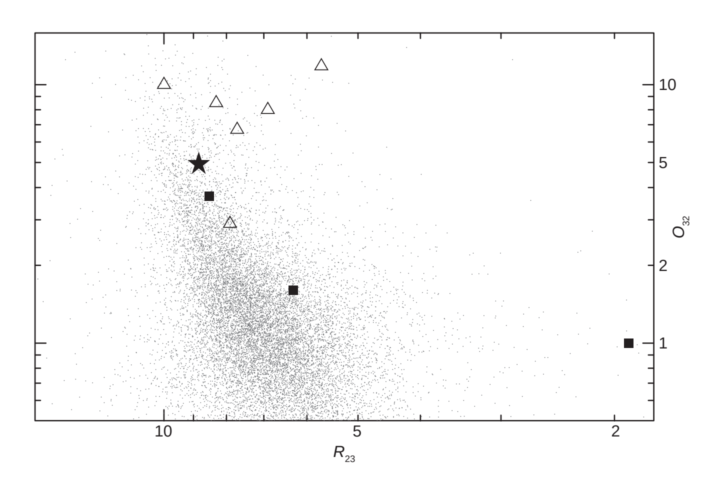
Eight per cent leakage of Lyman continuum photons from a compact, star-forming dwarf galaxy

Y Izotov *et al*

doi: 10.1038/nature16456

الشكل أسفله | مخطط O32–R23 الخاص بالمجرات المكونة للنجوم.

الكمية R_{23} هي الفيض الكلي لأقوى خطوط الأكسجين بالطيف البصري بالنسبة إلى Hβ، ويتم الحصول عليها من ([O III]4,959 + O III]5,007 + [O II]3,727)/Hβ. تُستخدم تلك الكمية لمقارنة أسهل مع المجرات المشعة Lyα مرتفعة الحيود الأحمر، التي يحتمل تسريبها لإشعاع متأين، تم عرضه بواسطة مثلثات مفرغة. تم تعريف O_{32} في النص الأساسي. وعند تمعدنات منخفضة، 12+log(O/H) <8.3 ترتفع قيمة R_{23} مع التمعدن. تم عرض موضع J0925+ 1403 والمجرات المسربة لمتصل ليمان منخفض الحيود الأحمر بواسطة النجوم المصمتة على التوالي. تم تمثيل المجرات المكونة للنجوم SDSS بواسطة نقاط صغيرة.



جيولوجيا

لا وجود لعصر جليدي في المستقبل

على الرغم من عقود من البحث، ظلت الظروف المسؤولة عن بدء فترة جليدية غير واضحة. والسؤال الذي يفرض نفسه الآن هو: لماذا لم تدخل الأرض فترة جليدية في الأزمنة الأخيرة، حين ماثَلَت أنماط الإشعاع الشمسي لنصف الكرة الشمالي تلك المصاحبة على الأغلب لاستهلالات أخرى؟ استخدم هؤلاء الباحثون نموذجًا مناخيًّا ذا تعقيد متوسط، مقيدًا بأدلة من الأنوية الجليدية، لقياس الإشعاع الشمسي المطلوب؛ لحث فترة جليدية لأي مستوى من ثاني أكسيد كربون الغلاف الجوي، كتلك التي حدثت في عصر الهولوسين المتأخر، والتي تقتضي أن يسقط الإشعاع الشمسي أسفل مستوى منخفض بشكل غير معتاد. تشير المحاكاة إلى أنه في غياب الاضطرابات البشرية المؤثرة على المنظومة المناخية، قد تدوم الفترة بين الجليدية الحالية لعشرات الآلاف من الأعوام. ومع تحرُّر الكربون المُوَلَّد بشريًّا يبدو أن هناك فرصة ضئيلة لفترة جليدية جديدة خلال السنوات المائة ألف القادمة.

Critical insolation $-CO_2$ relation for diagnosing past and future glacial inception

A Ganopolski *et al*

doi: 10.1038/nature16494

أحياء مجهرية

النظام الغذائي، ومجهريات MACs

شَهِدَ البشر على مر العصور تغييرات رئيسة في نوعية الأنظمة الغذائية التي اتبعوها، بما في ذلك التحول إلى خفض استهلاك كمية الألياف في سكان الدول الغربية، الذي قابلته خسارة عامة في تنوع مجهريات البقعة الهضمية. وتُعَدّ الكربوهيدرات التي تتغذى عليها مجهريات البقعة MACs، والتي تكون وفيرة في الألياف الغذائية، هي المصدر الرئيس للكربون والطاقة لمجهريات البقعة الهضمية البعيدة. وتبيِّن هذه الدراسة أنه في الفئران المتغذية على نظام غذائي منخفض من تلك الكربوهيدرات، يتم استنفاد تنوع مجهريات البقعة، كما يتم نقل وتفاقم هذا التأثير بين الأجيال، بحيث إن الأصناف منخفضة الوفرة تُفقد تدريجيًّا من جيل إلى جيل، لا سيما تلك المتعلقة برتبة العصوانيات، التي تجيد استهلاك الألياف الغذائية. وهذا النمط الظاهري غير قابل للانعكاس ببساطة عن طريق إعادة تقديم الكربوهيدرات مرة أخرى، ولكن يتطلب مكمِّلات من الأصناف المفقودة، عن طريق زرع مجهريات البقعة البرازية. وتشير هذه النتائج إلى أن التغيير في النظام الغذائي وحده قد لا يكون كافيًا لاستعادة مجهريات البقعة النافعة في الأفراد الذين يعانون من الخلل الحيوي.

Diet-induced extinctions in the gut microbiota compound over generations

E Sonnenburg *et al*

doi: 10.1038/nature16504

الشكل أعلاه | المخطط الطوري الخاص بـ $TiSe_2$ تحت الإشابة بالإلكترونات. تبين الدوائر T_{K-T}، بينما تبين المربعات T_{CDW}. تبين الصور المرفقة بنية الشبكة بكل طور. قمنا بتوضيح الإزاحات الذرية بإطار وحدة خلية موسعة، وذلك بأطوار CDW؛ بالطور الذي يحدث فيه وجود مشترك لكل من ICDW وCDW، وقمنا بتوضيح جدران نطاق ICDW تخطيطيًّا بين مناطق CCDW كمناطق حمراء (التي قمنا بتكبيرها؛ لتحدد وحدة مفردة، عوضًا عن نانومترات قليلة). توضح أشرطة الخطأ الفارق بـT_{CDW} بين القيم المشتقة من منحنيات المقاومة مقابل الحرارة، وتلك المشتقة من منحنيات كثافة حاملات الشحنة مقابل درجة الحرارة.

فيزياء

السلوك الإلكتروني في $TiSe_2$

تتم دراسة خواص منظومة تفاعل قوي لإلكترون-إلكترون بطريقة نموذجية باستخدام مجال كهربي خارجي فقط، وهو ما يُعتبر فعالًا فقط إذا كانت المادة رقيقة بطريقة كافية، لتجنُّب تأثير الحاجب الخاص بالمادة الضخمة. تطورت تقنيات تصنيع متعددة في السنوات الأخيرة؛ لإنتاج أشكال من المواد الإلكترونية ثنائية الأبعاد، فائقة الرقة. وقد استخدم أنطونيو كاسترو-نيتو وزملاؤه واحدة من تلك الطرق؛ لدراسة معدن الكالكوجيناد الانتقالي الطبقي $1T\text{-}TiSe_2$ بشكل رقائق ذات سُمْك يقل عن 10 نانومترات، ومغلفة بين نيتريد البورون سداسي الأوجه. وبتغيير المجال الكهربي، والمجال المغناطيسي، ودرجة الحرارة، تَكشِف المادة عن تفاصيل حول الانتقال بين الأطوار الإلكترونية المختلفة، كالعلاقة بين وجود التوصيل الفائق، وظهور الأطوار الإلكترونية المنظَّمة مكانيًّا.

Controlling many -body states by the electric-field effect in a two-dimensional material

L Li *et al*

doi: 10.1038/nature16175

علم البيئة

الصفات الرئيسة تؤثر على القدرة التنافسية

تؤثر خصائص النباتات على صفاتها الفسيولوجية بأنماط متسقة، ويمكن التنبؤ بها، ولكن ليس من الواضح ما إذا كان من الممكن أن تتسع دائرة هذه التأثيرات على القدرة التنافسية البيئية. فقد جَمَع جورج كنستلر وزملاؤه بيانات من 3 ملايين شجرة، و140 ألفًا من خرائط نمو الغابات، والعديد من أنواع الكساء الخضري النباتي في جميع أنحاء العالم؛ لإظهار أن هناك سمات رئيسة تؤثر على القدرة التنافسية بطرق يمكن التنبؤ بها، وأن هناك مفاضلة بين الصفات التي تحبذ النمو في ظل منافسة، أو بدونها. وفي دراسة أخرى، نُشرت مؤخرًا في دورية *Nature*، حَلَّت ساندرا دياز وزملاؤها تباين رسم خرائط قاعدة بيانات شاملة في جميع أنحاء العالم لست صفات مهمة للنمو، والبقاء، والتكاثر في النباتات الوعائية، والتوصل إلى صورة عالمية كَمِّيَّة مفصَّلة للتنوع الوظيفي النباتي.

Plant functional traits have globally consistent effects on competition

G Kunstler *et al*

doi: 10.1038/nature16476

بيولوجيا الخلية

نقطة تفتيش نمو الأوعية الدموية

لا تزال الآليّات التي توازن التمثيل الغذائي للخلايا البِطَانِيّة وحالة نموها غير معروفة. فقد حدَّد مايكل بوتنر وزملاؤه عامل النسخ FOXO1 بمثابة نقطة تفتيش حاسمة لنمو الأوعية الدموية، التي تربط بين أنشطة التمثيل الغذائي، وتكاثر الخلايا البِطَانية. وقد وجد الباحثون أن التعبير عن العامل FOXO1 في الخلايا البِطَانية مطلوب للحفاظ على الخلايا في حالة سكون، من خلال قَمْع تأثير c-myc ؛ مما يقلل من التحلل السكري، وتنفس الميتوكوندريا. ويستحث الحذف البِطَاني المحدد لعامل النسخ FOXO1 في الفئران فرط التنسُّج الوعائي، وعمليات التوسيع.

FOXO1 couples metabolic activity and growth state in the vascular endothelium

K Wilhelm *et al*

doi: 10.1038/nature16498

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم المناعة

الخلايا الحزمية الظهارية في الأمعاء

تجلى استجابة "الارتشاح والكنس" للديدان الطفيلية والمواد المسبِّبة للحساسية ـ التي يتم فيها إخراج الطفيليات عن طريق زيادة النشاط الدفعي للأمعاء ـ في الاشتراك مع إفراز السوائل والمخاط، كمظهر من مظاهر النوع المناعي الثاني، أو الحساسية الناتجة عن المناعة المنخرطة في تنشيط المجموعة الثانية من الخلايا الليمفاوية الفطرية (ILC2s). تتكون طبقة الخلايا الظهارية في الأمعاء الدقيقة من خمسة أو أكثر من الأنساب الخلوية المتميزة، بما في ذلك الخلايا الحزمية، التي لا تزال وظائفها غير واضحة. وقد برهنت ورقتان بحثيتان نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* على وجود دور للخلايا الحزمية في الاستجابة للطفيليات. وقد أظهر ريتشارد لوكسلي وزملاؤه أن الخلايا الحزمية هي مصدر إنترلوكين-25 (IL-25) المطلوبة لتنشيط الخلايا الليمفاوية الفطرية، والخلايا المنظِّمة لها، من أجل توسيع الخلية الكأسية والحزمية، والسيطرة على العدوى الطفيلية. وأظهر فيليب جاي وزملاؤه أن الخلايا الحزمية تفرز إنترلوكين-25 عبر حلقة رد الفعل، التي تعتمد على IL-13/IL4R.

Tuft-cell-derived IL-25 regulates an intestinal ILC2–epithelial response circuit

J Moltke

doi: 10.1038/nature16161

Intestinal epithelial tuft cells initiate type 2 mucosal immunity to helminth parasites

F Gerbe *et al*

doi: 10.1038/nature16527

كيمياء حيوية

بِنْيَة الإنزيم الريبوزي منقوص الأكسجين

تستطيع جزيئات الحمض النووي والحمض النووي الريبي أن تكون قابلة للطّي، كما يمكنها تَبَنِّي التشكلات التي تبدي نشاطًا تحفيزيًّا. وفي حين تم تحديد بِنَى الأحماض النووية الريبية الحفازة المختلفة - أو الريبوزيمات - إلا أن بِنَى إنزيمات الحمض النووي ما زالت أكثر صعوبة. توصَّلت كلوديا هوبارتنر وزملاؤها مؤخرًا إلى البِنْيَة البلورية للإنزيمات الريبية منقوصة الأكسجين للحمض النووي مفرد الجديلة 9DB1 عند استبانة 2.8 أنجستروم. وتكشِف البِنْيَة عن تعقيد ثلاثي الأبعاد، مماثل لبِنْيَة الحمض النووي الريبي، ولكن مع وجود اختلافات تعكس خصائص معينة للسكر الخماسي منقوص الأكسجين.

Crystal structure of a DNA catalyst

A Ponce-Salvatierra *et al*

doi: 10.1038/nature16471

إنزيمات سينثيتيز البيبتيد غير الريبية

تُعتبر البيتيدات غير الريبية ـ مثل المضاد الحيوي "فانكومايسين"، وكابت المناعة السيكلوسبورين "أ" ـ نواتج أيض ثانوية، تنتجها الكائنات الحية الدقيقة. وتنتمي إنزيمات سينثيتيز البيبتيد غير الريبي (NRPSs) إلى عائلة كبيرة من الإنزيمات التي تَستخدِم مجالات محفزة متعددة؛ لتحفيز خطوات متعاقبة في مسار التخليق الحيوي من هذه العائلة من "المنتجات الطبيعية". وقد قَدَّمت ورقتان بحثيتان نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* البِنَى البلورية بالأشعة السينية، التي تشير إلى أن إنزيمات سينثيتيز البيبتيد غير الريبية هي ـ إلى حد كبير ـ أكثر ديناميكية مما كان يُعتقد سابقًا. وقد درَس أندرو جوليك وزملاؤه وحدتين من إنزيمات سينثيتيز البيبتيد غير الريبية، ليكشف كل منهما خطوة متميزة في دورة التحفيز. وأورد مارتن شمينج وزملاؤه عدة بِنَى لإنزيم LgrA، المنخرط في التخليق الحيوي للمضاد الحيوي "جراميسيدين".

Structures of two distinct conformations of holo-non-ribosomal peptide synthetases

E Drake *et al*

doi: 10.1038/nature16163

Synthetic cycle of the initiation module of a formylating nonribosomal peptide synthetase

J Reimer *et al*

doi: 10.1038/nature16503

تطور

صانعو الآلات المبكرة قبل الحداثة

تُعتبر سولاويزي واحدة من أكبر وأقدم الجُزُر في والاسيا، وهي الأرخبيل الواسع الذي يفصل آسيا القارية عن يابسة ساهول البليستوسين (بابوا، وأستراليا)، كما تتميز بأهمية قصوى في فهم كيفية تطور البشر وانتشارهم في تلك المساحة الشاسعة. ومن المعروف أن السلالات الحديثة من البشر وصلت إلى سولاويزي منذ أكثر من 400,000 عام. ويكشِف جيريت فان دين بيرج وزملاؤه أن سولاويزي ـ مثل فلوريس على الجنوب مباشرة ـ تم استعمارها من قِبَل أشباه البشر قبل ذلك بفترة طويلة للغاية، بتقديم قطع أثرية مدفونة بفترة قديمة جدًّا تعود إلى 100,000، و200,000 عام. ظلت هوية صانعي الآلات غير معروفة، ولكن الأدوات ـ وأسطورة صانعيها ـ تؤكد أيضًا مدى محدودية ما نعرفه حول تنوع أشباه البشر الغابرين في المنطقة.

Earliest hominin occupation of Sulawesi, Indonesia

G Bergh *et al*

doi: 10.1038/nature16448

علم النبات

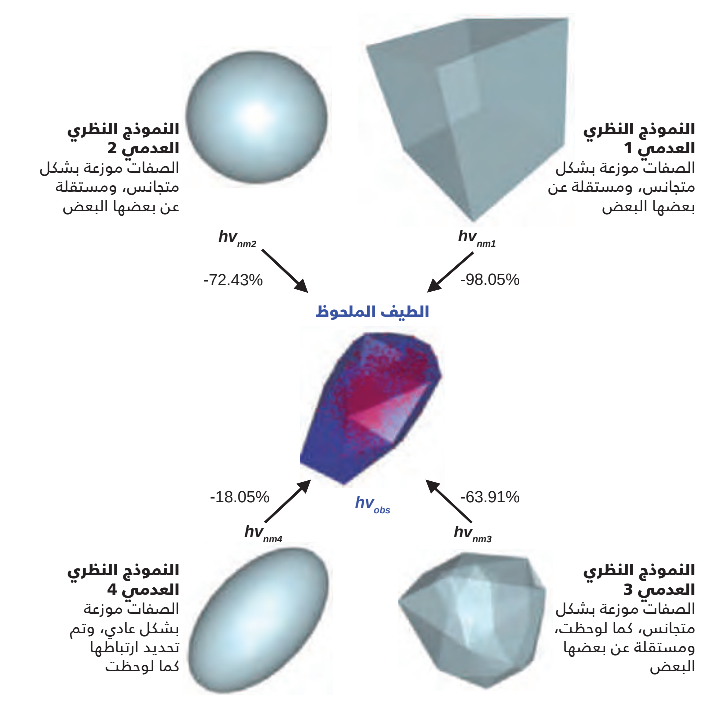
صورة مبسَّطة للتنوع النباتي

ضمن التشكيلة الممكنة التي يمكن للكائنات الحية أن تأخذها، قليل منها فقط سيبرهن تطوريًّا على نجاحه. قامت ساندرا ديازيت وزملاؤها بتحليل قاعدة بيانات شاملة لرسم خرائط التباين حول العالم بستٍّ من السمات الفارقة للنمو والقدرة على البقاء والتكاثر للنباتات الوعائية، وتوصلوا إلى صورة عالمية مفصلة كميًّا للتنوع الوظيفي النباتي. وبالرغم من التباين الممكن الهائل، فقد اكتشف الباحثون أن التنسيق بين السمات يعني أن كل النباتات يمكنها التموضع عبر محورين فقط للتباين: واحد يخص الشكل العام للنبات، والآخَر ما مَيَّز في السابق الطيف الاقتصادي للأوراق. يبين أيضًا جورجس كونستلر وزملاؤه ـ من خلال دراسة بيانات ملايين الأشجار حول العالم ـ أن السمات الوظيفية تتنبأ باتساق بالتفاعلات التنافسية بين أنواع الأشجار.

The global spectrum of plant form and function

S Díaz *et al*

doi: 10.1038/nature16489



الشكل أسفله | يتم تقييد الحجم في مساحة الصفة التي يشغلها النوع النباتي بقوة مقارنة مع نماذج الفرضية الصفرية. الرسوم التخطيطية الخمسة هي تمثيلات تصويرية تستند إلى ثلاثة من أصل ستة أبعاد لصفات الأحجام المفرطة تحت التدقيق. شُيدت الأحجام المفرطة على أساس $\log_{10}$ والقيم المشاهدة (الملاحظة) المتحولة-z لـHJ، وSSD، وLA، وLMA، و SM وN_{mass} (الأحجام المفرطة المشاهدة= h_{vobs})، أو على أسس أربعة نماذج عدمية (صفرية) مختلفة للتباين متعدد المتغيرات لتلك الصفات (h_{vnm1} إلى h_{vnm4}). تشير الأرقام المجاورة للأسهم إلى تخفيض النسبة المئوية في حجم h_{vobs}، مقارنة بنموذج العدمية للأحجام المفرطة (P <0.001 جميعها ذات مغزى معنوي عند P < 0.001).



غلاف عدد 21 يناير 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 21 يناير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أنثروبولوجيا

نموذج مبكر للصراع البشري

تبيِّن جمجمة رجل، تم تجميع أجزائها من ناتاروك بشمال كينيا، الإصابات التي أودت بحياة صاحبها. لقد شكَّل العنفُ والحرب المجتمعات الإنسانية لآلاف السنين، ولكن جذور الصراع بين الجماعات المختلفة في السجل الأثري مثيرة للجدل، فهي تعتمد ـ في الأساس ـ على كيفية تعريف وإدراك الصراعات، وكذلك على البقاء. تبلغ مارتا ميرازون لار وزملاؤها عن اكتشافات أحفورية من ناتاروك بكينيا، تشير إلى حالة عنف أهلي بين صيادين وجامعي ثمار بفترة مبكرة من عصر الهولوسين. وذات يوم، تم اكتشاف عشرة من مجموع اثنى عشر هيكلًا عظميًّا بالقرب من بحيرة صغيرة. وتُظْهِر الأدلة أن الوفيات حدثت مِن جَرّاء أحداث عنف. كما لم تظهر علامات مراسم دفن، وهناك عدد من الأشخاص، تَبَيَّن إصابتهم بعدة جِراح، منها نَصْل حجري مغروس بواحدة من الجماجم. يفسر الباحثون العيّنات كمُحَصِّلة لعنف أهلي، حدث منذ فترة تقارب 10,000 عام على الشواطئ الخصبة لبحيرة توركانا.

Inter -group violence among early Holocene hunter-gatherers of West Turkana, Kenya

M Lahr *et al*

doi: 10.1038/nature16477

جيولوجيا

الماغنسيوم في لُبّ الدينامو الأرضي

النماذج الحالية لدينامو اللب الأرضي ـ الذي يولِّد المجال المغناطيسي العالمي للأرض ـ غير قادرة على تفسير طول عمره الواضح، حيث وُجِد منذ ما يزيد على 3.4 مليار عام، وهو معظم تاريخ الأرض. على وجه الخصوص، يُقَدَّر الآن التوصيل الحراري للحديد بأنه أعلى مما كان يُعتقد في السابق، مما يعني أن الحمل الحراري والتسخين الإشعاعي قد لا يكونان كافِيَين للحفاظ على الدينامو الأرضي. ويبين هنا جوزيف أورورك، وديفيد ستيفينسون أن ترسيب المعادن الحاملة للماغنسيوم من اللب الأرضي يمكن أن يعمل كمصدر بديل للطاقة للدينامو الأرضي. ويقترح الباحثان أن الموازنة عن درجات حرارة مرتفعة في محصلة التصادمات العملاقة على الأرض المبكرة سمحت لكمية ضئيلة من الماغنسيوم بالانقسام في اللُّب، وبَيَّنوا أن نقل الماغنسيوم كأكسيد ـ أو سيليكات ـ من اللُّب المبرّد للطبقة السفلية من الوشاح الصخري يُعَدّ مصدرًا أكثر فاعلية للطفو من نمو اللب الداخلي. مثل هذا الدينامو قد يحافظ على بقائه عبر الزمن الجيولوجي، حتى في ظل التسخين الإشعاعي اللُّبِّي في حدّه الأدنى، والتبريد اللُّبي البطيء.

Powering Earth's dynamo with magnesium precipitation from the core

J O'Rourke *et al*

doi: 10.1038/nature16495

كيمياء

بطارية قائمة على أكسيد الليثيوم الفائق

بطاريات الليثيوم اللامائي هي بطاريات هوائية، تتفوق نظريًّا على كثافة طاقة الجاذبية، مقارنة ببطاريات أيون الليثيوم التقليدية، ولذلك.. فلديها القدرة على تحويل صناعة مركبات كهربائية طويلة المدى إلى واقع. وقد تم الإبلاغ مؤخرًا عن البطاريات المعتمِدة على أكسيدات الصوديوم والبوتاسيوم الفائقة، ولكن أكسيد الليثيوم الفائق "LiO_2" غير المستقر من الناحية الثيرموديناميكية وكثافة الطاقة المرتفعة الخاصة به بَرْهَنَا أنهما أكثر تعقيدًا. وتبرهِن تلك الورقة البحثية على أن LiO_2 المتبلر يمكنه الاستقرار في بطارية $Li–O_2$ باستخدام مادة كاثود مناسبة، وهي أكسيد الجرافين المختزل المزيَّن بجسيمات الإيريديوم النانوية. وقد تمت البرهنة على البطارية القائمة على كيمياء الليثيوم-الأكسجين الجديدة عبر 40 دورة قبل الفشل، لتحقق بذلك كفاءة مرتفعة، وسِعَة جيدة.

A lithium–oxygen battery based on lithium superoxide

J Lu *et al*

doi: 10.1038/nature16484

الشكل أسفله | الشكل الظاهري لمسحوق Ir–rGO. أ، صورة مجهر مسح إلكتروني لمسحوق rGO نقي. **ب**، صورة مجهر مسح إلكتروني لمركب Ir–rGO. **ج،د**، صور مجهر إلكتروني نافذ لمركب Ir-rGO، تبين جسيمات الإيريديوم النانوية الأقل من نانومترين من حيث الحجم. تبين الدائرة بـ (**د**) بعض احتشادات الإيريديوم الذرية. أشرطة المقياس: **أ**،**ب**، ميكرومتر واحد؛ **ج**، 10 نانومترات؛ **د**، نانومتران. هناك أيضًا بعض كتل الإيريديوم الكبيرة على rGO .

علم الأعصاب

أنواع خلوية من خلايا العقدة الشبكية RGCs

تنقل خلايا العقدة الشبكية "RGCs" المعلومات البصرية من الشبكية إلى الدماغ. فكيف توجد أنواع كثيرة من خلايا العقدة الشبكية، وكيف ينبغي أن تصنَّف؟ كان هذا التساؤل من ضمن مجموعة من التساؤلات المطروحة منذ أمد بعيد. فقد استخدم توماس أويلر وزملاؤه تصوير الكالسيوم ثنائي الفوتون؛ لتسجيل الاستجابات للمحفزات في أكثر من 11 ألف خلية في بقعة من طبقة الخلايا العقدية الشبكية للفأر، وطبَّقوا التجميع غير الخاضع للرقابة من البيانات الناتجة. وكَشَفَ هذا أن شبكية عين الفأر تؤوي أكثر من 30 نوعًا وظيفيًّا مميزًا من خلايا العقدة الشبكية، بما في ذلك عدة أنواع من التي لم يتم وصفها من قبل. يتجاوز هذا الرقم بشكل كبير التقديرات الحالية، ويشير إلى أن التنوع الوظيفي من خلايا العقدة الشبكية أكبر مما كان يُعتقد سابقًا.

The functional diversity of retinal ganglion cells in the mouse

T Baden *et al*

doi: 10.1038/nature16468

نظرة جديدة إلى نشاط الخلايا العصبية

ترسَّخت ـ منذ أمد بعيد ـ فكرة أن الخلايا العصبية الحركية هي عناصر تَلَقٍّ سلبي في الدوائر العصبية، تمرِّر الإشارات العصبية إلى العضلات، وهي الفكرة التي تحتاج حاليًّا إلى مراجعة. وقد أظهر عبد الجبار المنيرة وزملاؤه مؤخرًا أن الخلايا العصبية الحركية في سمكة الزرد البالغة ليست مجرد خلايا إخراج، ولكن يمكنها أن تؤثر على قوة الإدخال التي يستقبلونها من الخلايا العصبية المتوسطة V2a، من خلال موصلات فجوية، وبالتالي قد تؤثر على تواتر ومدة النشاط الحركي. وهذا يعني أن الخلايا العصبية الحركية شاركت بنشاط في توليد السلوك الحركي.

Motor neurons control locomotor circuit function retrogradely via gap junctions

J Song *et al*

doi: 10.1038/nature16497

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الأورام

علاج الأورام المتكررة

هناك أبحاث تتم لتطوير علاجات مستهدفة للورم الأرومي النخاعي للأطفال في عيِّنات المرضى، أو النماذج الحيوانية التي لم تلق علاجًا سابقًا، بينما ينطوي اختبار عوامل جديدة في العيادة عندما تتكرر الأورام على المرضى الذين خضعوا من قَبْل للاستئصال الجراحي، والعلاج الكيميائي، والعلاج بالأشعة. ومن غير المعروف ما إذا كان الورم المتكرر مماثلًا بيولوجيًّا ووراثيًّا للورم عند التشخيص، أم لا. وقد طوَّر مايكل تايلور وزملاؤه نموذج فأر "خُلِعَت" عليه صفة من الصفات البشرية" للورم الأرومي النخاعي الراجع المتكرر، وأجروا مقارنة وراثية مباشرة بين الأورام الأولية والراجعة. وجد الباحثون أن الأورام الراجعة خضعت لتغيرات وراثية جذرية، بسبب الانتقاء النسيلي، ومن ثم العديد من الأهداف العلاجية المحتملة، التي تم تحديدها في الورم الرئيس من غير المحتمل أن تكون موجودة في الورم الراجع. وتشير هذه المعلومات إلى الطرق التي يمكن بها تحسين استراتيجيات العلاج في المستقبل.

Divergent clonal selection dominates medulloblastoma at recurrence

A Morrissy *et al*

doi: 10.1038/nature16478

كيمياء حيوية

تحسين ترجمة البروتين

تَستخدِم جميع الكائنات الحية المجموعة نفسها المكوَّنة من 64 وحدة تكويد ثلاثية؛ لترميز 20 حمضًا أمينيًّا، وإشارات التوقف أثناء ترجمة الحمض النووي الريبي المرسال إلى بروتين، ولكن التردد الذي تُستخدم به كل وحدة تكويد يختلف بين الكائنات الحية. اعتُقد من قبل أن هذا الاختلاف كان أساسًا لانخفاض مستوى التعبير عن البروتين في أغلب الأحيان، عندما تتم ترجمة جين في نظام متغاير. وقد أجرى جون هانت وزملاؤه تحليلًا متعمقا لدراسات تعبير البروتين؛ لاشتقاق مقياس لكفاءة وحدة التكويد. وعندما تم تصميم الجينات باستخدام هذا المقياس، لم يجد الباحثون أي تأثير على نُسَخهم، ولكن وجدوا كفاءة ترجمة أكبر كثيرًا. وخلص الباحثون الى أن عمليات تحلل الحمض النووي الريبي المرسال وترجمته في منافسة، وأن استخدام المقياس يمكن أن يفضِّل إنتاج البروتين. وقد ييسر هذا النهج التعبير الجيني المتغاير في كثير من البيئات التقنية الحيوية، أو التجريبية.

Codon influence on protein expression in *E. coli* correlates with mRNA levels

G Boël *et al*

doi: 10.1038/nature16509

الشكل أعلاه | المخطط التجريبي. أ، بنية الإلكترود الخاص بمصيدة ألفا 2، التي تبين المواضع التقريبية لملفات المرآة والأكتوبول octupole. يحيط كاشف الجسيم (غير معروض) بالأكتوبول. (تم تمديد المقياس الرأسي من أجل الوضوح.) **ب**، يبين المجال المغناطيسي على محور مصيدة الذرة البئر الجهدي المغناطيسي المحوري المستحث بواسطة مجالات المرآة. **ج**، لقطة لجهد المجال الكهربي العشوائي المُطبَق Φ عند أنصاف قطرية متعددة r كدالة في z. يشير "على الجدار" إلى جدار مصيدة طبقة الحجارة؛ ويشير "على المحور" إلى محور المصيدة (r=0). وتشير الأقواس الأرجوانية إلى مسافة الرحلة النموذجية، وتغير الجهد المختبر بواسطة مضاد ذرة ذات طاقة محورية 0.1 كلفن لكل 1 ملِّي ثانية.

فيزياء

تصفير شحنة مضاد الهيدروجين

مِن أكثر الأسئلة الحالية إثارة للحيرة في مجال الفيزياء سؤال يقول: "لماذا نرى المادة بشكل أكبر، يفوق رؤيتنا للمادة المضادة في الكون؟" قد يعطي دراسة خواص المادة المضادة تلميحات حول سبب هذا الخلل. وتبعًا للنموذج المعياري لفيزياء الجسيمات، ينبغي أن تكون شحنة مضاد الهيدروجين متعادلة، ولكن اختبار هذا عمليًّا يُعَدّ تحديًّا، كما أنه من الصعب إنتاج مادة مضادة، وقياس خواصها. وقد قام فريق من قطاع "ألفا" في "سيرن" بقياس شحنة مضاد الهيدروجين؛ ليؤكدوا على تعادل الشحنة بمعامل دِقَّة يفوق ما تم إنجازه في السابق بعشرين ضِعْفًا. وبينما شحنة مضاد البروتون معروفة لدرجة دقة مشابهة، فإن تلك النتيجة تحقق حَدًّا مُحَسَّنًا لشحنة البوزيترون بشكل غير طبيعي.

An improved limit on the charge of antihydrogen from stochastic acceleration

M Ahmadi *et al*

doi: 10.1038/nature16491

علم البيئة

CO_2 البحري يهدِّد مصائد السَّمك

يمكن أن تكون لتركيزات ثاني أكسيد الكربون المتزايدة بمياه البحر ـ وهي ظاهرة معروفة بفرط ثاني أكسيد الكربون ـ تأثيرات ضارة على الحيوانات البحرية. تكشف تلك الدراسة عن أن بعض المناطق المحيطة قد تخضع لأشكال تضخُّم تصل إلى عشرة أضعاف الدورة الطبيعية لثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100، إذا ما استمرت تركيزات ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي في التزايد خلال هذا القرن. ويتوقع التقرير بداية ظهور فرط ثاني أكسيد الكربون المحيطي الخاص بتركيزات ثاني أكسيد كربون الغلاف الجوي الأعلى من 650 جزءًا لكل مليون مع الانتشار المفرط لثاني أكسيد الكربون، الذي يصل إلى نصف السطح المحيطي بحلول عام 2100 في ظل سيناريو انبعاث مرتفع لثاني أكسيد الكربون مع انعكاسات محتملة على مصائد السَّمك الرئيسة.

Future ocean hypercapnia driven by anthropogenic amplification of the natural CO_2 cycle

B McNeil *et al*

doi: 10.1038/nature16156

الإنتاجية والتنوع في المراعي

العلاقة بين الغِنَى النوعي وإنتاجية المنظومة البيئية موضوع مركزي في مجال البحوث البيئية، وكذلك التركيز على فرضيات المنافسة والتداخل. يستخدم الباحثون بيانات من تجارب المراعي عبر خمس قارات؛ لمقارنة التفسيرات الميكانيكية المختلفة في إطار تكاملي. وقد بيَّنوا كيفية عمل المكونات المهمة للآليات المختلفة معًا، ورفعوا بشكل كبير مِن قدرتنا على تفسير النتائج.

Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness

J Grace *et al*

doi: 10.1038/nature16524

وراثة

التصوير المباشر لتنظيم الكروماتين

إن عملية طيّ الكروماتين في النواة لها آثار مهمة على عديد من العمليات البيولوجية، من تنظيم التعبير الجيني لتضاعف الحمض النووي. وقد استخدم شياو تشوانج وزملاؤه التصوير فائق الدقة؛ لمراقبة تنظيم كروماتين ذبابة الفاكهة مباشرة في نطاق يمتد إلى أحجام الجينات الفردية، والمجالات التنظيمية الجينية. ووجدوا أن لكل من حالات الكروماتين النشطة، وغير النشطة نسخيًّا، والمُقْمَعة عن طريق بروتينات البوليكومب Polycomb تنظيمًا مكانيًّا متميزًا. يشبه الكروماتين النشط نسخيًّا حالة الجزيئات النمطية الهندسية التكرارية للبوليمر، حيث إن مجالات مركب مجموعة بروتينات البوليكومب لديها تنظيم مدمج فريد من نوعه، وعزلة مكانية عن المجالات الأخرى، مما يوضح لماذا تقمع التعبير الجيني بقوة في هذه الحالة.

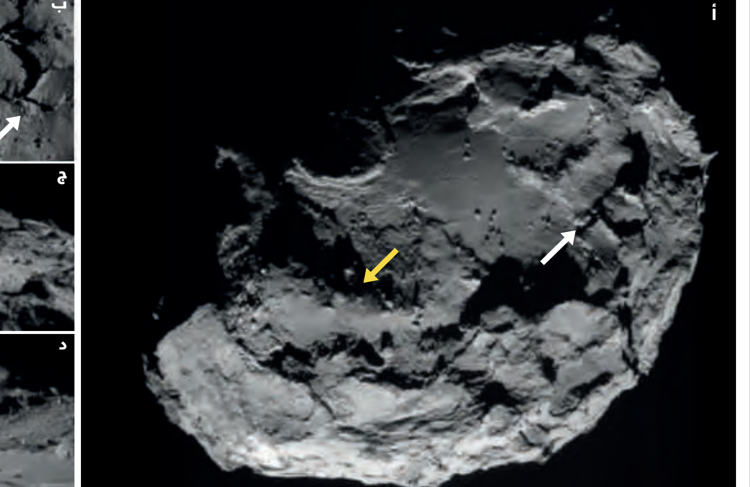
Super -resolution imaging reveals distinct chromatin folding for different epigenetic states
A Boettiger *et al*
doi: 10.1038/nature16496

فلك

المجالات المغناطيسية اللُّبِّيّة

توجد المجالات المغناطيسية النجمية على الأسطح والمحيط المباشر الخاص بنجوم كالشمس، وكان هناك اعتقاد بأن المجالات المغناطيسية توجد أيضًا في عمق النجوم، حيث قد يكون لها تأثير رئيس على التطور النجمي. وقد أَبْلَغَ دينيس ستيلو وزملاؤه عن رصد لأنماط الاهتزاز ثنائية القطب لـ3,600 من النجوم الحمراء العملاقة متوسطة الكتلة، التي تشير إلى وجود مجال مغناطيسي داخلي قويّ بـ60% من العينة. وأظهرت 20% من العينة نمط إخماد من المجالات المغناطيسية القوية بالأنوية، ولكن تلك النسبة تَعتمِد بقوة على الكتلة. تحدث مجالات النواة القوية فقط في العمالقة الحمر، التي تتجاوز 1.1 كتلة شمسية. وتبرهِن تلك النتيجة على أن المجالات المغناطيسية القوية بالنجوم أكثر انتشارًا مما كان يُعتقد في السابق.

A prevalence of dynamo-generated magnetic fields in the cores of intermediate-mass stars
D Stello *et al*
doi: 10.1038/nature16171

فيزياء فلكية

الجليد المائي على سطح المُذَنَّب 67P

تتوافر أدلة ضئيلة حتى الآن على وجود مناطق كبيرة من الجليد المائي المكشوف على أسطح المُذَنَّبات، على الرغم من حقيقة أن المياه هي المكون الرئيس للأنوية المُذَنَّبية. فقد حدَّد جيانريكو فيلاتشيون وزملاؤه هوية جليد مائي عند أطوال موجية تحت حمراء في شكل حبيبات ملِّيمترية المقياس على حطامين يقعان في نطاق "إمنحوتب" لنواة المُذَنَّب شوريوموف-جيراسيمنكو 67P، اعتمادًا على بيانات من مطياف التصوير "فيرتيس" على متن مركبة "روزيتا"، الخاص بوكالة الفضاء الأوروبية. إنّ الجليد مكشوف على جدران الأبنية المرتفعة، وقاعدة الجدران. أمّا التفسير الأفضل له، فهو عن طريق نمو الحبوب بواسطة الانتشار البخاري في الطبقات الغنية بالجليد، أو التلبد. ونتيجة لتلك العمليات.. يمكن للنواة أن تطوِّر تصفيفًا ممتدًّا ومعقدًا، حيث تراكب القشرة المجففة الخارجية على طبقات الجليد المائي المخصبة.

Exposed water ice on the nucleus of comet 67P/Churyumov–Gerasimenko
G Filacchione *et al*
doi: 10.1038/nature16190

الشكل أعلاه | صور كاميرا روزيتا NAVCAM لحطام الأنقاض. أ، تبين منطقة إمحوتب BAP1 على حدود آش-خيبري-إمحوتب (السهم الأبيض)، وBAP2 على سفح التل (السهم الأصفر). **ب**، تراكمت مواد النفايات والحطام عند قاع الانهيار؛ لتعري جانب البنية الدائرية المرتفعة. BAP1 غير مرئي بالمنظور الهندسي لتلك الصورة التي تشير إلى الحضيض. **ج**، نتج BAP1 عن وجود الجليد المائي، المرئي بوضوح في هذا المنظور المائل لجدار البنية المرتفعة. **د**، هندسة منظور مشابهة تحدد BAP2.

أحياء جزيئية

دور عامل النسخ *Nanog* في الخلايا

يتم التعبير عن عامل النسخ *Nanog* في كل من الخلايا متعددة القدرات، والخلايا الجنسية الأولية في الفئران، ولكن لم يتم تحديد وظيفته في الخلايا الجرثومية. وقد جد عظيم سوراني وزملاؤه أنه يمكن للخلايا الجذعية الجنينية ـ المتحوِّلة إلى مصير الأديم الظاهر في المختبر ـ أن تكتسب مصير الخلية الجرثومية، إذا تعرضت لجزيء التأشير BMP4، وهو التعبير الوحيد عن *Nanog*، الكافي لاستحثاث مصير الخلية الجرثومية في غياب BMP4. وأثبتوا أن إعادة ضبط الكروماتين ـ التي تحدث في الأديم الظاهر ـ تسمح لعامل *Nanog* بالتقييد وتنشيط التعبير لعوامل الخلية الجرثومية الرئيسة. يمنع العامل متعدد القدرات Sox2 تأثير *Nanog* على عوامل الخلية الجرثومية تلك في حالة الأديم الظاهر، بينما Sox2، و*Nanog* يعملان معًا للحفاظ على تعدد القدرات في الخلايا الجذعية الجنينية الأولية.

NANOG alone induces germ cells in primed epiblast *in vitro* by activation of enhancers
K Murakami *et al*
doi: 10.1038/nature16480

تحوُّل شحوم الغشاء الخلوي الفسفورية

تتطلب حركة المرور الغشائي التحوُّل المنظَّم للفسفوإينوزيتيدات (PIs) ـ وهي الشحوم الفوسفورية التي تعمل كمحدِّدات لهوية الغشاء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الخلوي ـ بواسطة إنزيمات PI الأيضية. وقد درّس فولكر هوك وزملاؤه آلية تحولات هوية إنزيم PI أثناء المرور من النظام الإندوسومي، التي يحددها فوسفتيدلينوستول -3فوسفات PI(3)P إلى الحجرات الإفرازية وغشاء البلازما، التي يسيطر عليها PI(4)P، وPI(4,5)P2. وجد الباحثون أن الحمولة الإندوسومية في طريقها إلى وجهات داخل الخلايا يمكن أن تغيِّر الاتجاه، وتذهب إلى سطح الخلية بفعل اثنين من الإنزيمات. وعلى وجه التحديد، يتحلل PI(3)P على غشاء الحجرات مائيًّا بواسطة الفوسفاتيز MTM1، وهو الإنزيم الذي إذا فقد وظيفته؛ يؤدي إلى اعتلال عضلي مركزيّ النوى، المرتبط بالكروموسوم X في البشر. ويترافق ذلك مع توليد PI(4) P، من خلال عمل فوسفتيدلينوستول 4-كينيز، فضلًا عن تجنيد مركّب تقييد بروتين "إكسوسيست" exocyst؛ لتمكين اندماج الغشاء اللاحق.

A phosphoinositide conversion mechanism for exit from endosomes

K Ketel *et al*

doi: 10.1038/nature16516

جذور المقاوَمة لمثبطات BET

يجري استكشاف مثبطات BET التي تستهدف قرّاء كروماتين البرومودومين، مثل BRD4، كعلاجات محتملة لمرض السرطان. وقد حققت كورنليا بولياك وزملاؤها في استجابة خطوط خلايا سرطان الثدي ونماذج الفأر للطُّعم الأجنبي لمثبطات BET. وقد وجدوا أن خطوط خلايا سرطان الثدي ذات السلبية الثلاثية تستجيب لمثبطات BET. قد تنجح هذه المثبطات في تحقيق مقاومة للسرطان، ولكن لا يوجد دليل على وجود آليّات تدفق دواء، أو طفرات في جينات البرومودومين، أو جينات محرِّكة معروفة. وبدلًا من ذلك.. هناك تغييرات نسخية، وزيادة توظيف BRD4 للكروماتين بشكل مستقل عن البرومودومين، تلازم زيادة عملية الفسفرة. وجنبًا إلى جنب مع ورقتين بحثيتين نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* من مختبرات مارك داوسون، ويوهانس زوبر، تقترح الدراسة السبل المحتمَلة لتحسين الاستجابات الإكلينيكية لمثبطات BET.

Response and resistance to BET bromodomain inhibitors in triple-negative breast cancer

S Shu *et al*

doi: 10.1038/nature16508



غلاف عدد 28 يناير 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 28 يناير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

ذكاء اصطناعي

حاسب "ألفا جو" يهزم أحد أبطال الشطرنج

تم التعامل مع انتصار لاعب الشطرنج الحاسوبي "ديب بلو" على بطل العالم جاري كاسباروف بلعبة سداسية الجولات في عام 1997 كعلامة فارقة في تطور الذكاء الاصطناعي. ولا زال هناك تحدٍ أكبر في انتظار لعبة "جو" بخوض المباراة الصينية. وعلى الرغم من عقود من العمل على تطوير الألعاب، كانت أقوى الحواسب لا تزال في مستوى الهواة. وبدخول "ألفا جو"، الذي تم تطويره بواسطة "جوجل ديب مايند"، استخدم هذا البرنامج شبكات عصبية عميقة؛ لمحاكاة اللاعبين الخبراء، وليزيد من تحسين أدائه بالتعلم من مباريات يلعبها ضد نفسه. حَقَّق "ألفا جو" معدل انتصار بلغ 99% ضد أقوى برامج "جو" الأخرى، وهزم البطل الأوروبي فان هوي 5-0 في مباريات البطولة. وتلك هي المرة الأولى التي ينتصر فيها برنامج حاسوب على لاعب بشري محترف في مباريات زوجية على رقعة مساحتها (19×19) على الإطلاق.

Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search

D Silver *et al*

doi: 10.1038/nature16961

علم المناخ

أهداف مناخية إقليمية

كان من ضمن الموضوعات الرئسة في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغير المناخي أن يتدرج متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية خطيًّا مع الانبعاثات التراكمية لغازات الاحتباس الحراري. تُبيِّن سونيا سينيفيراتني وزملاؤها وجود تدرُّج مشابه بين الانبعاثات التراكمية، والتغيرات الإقليمية بحدوث الظواهر المتطرفة بهَطْل الأمطار، ودرجات الحرارة. ويتميز هذا التقييم بتوجهه نحو أهداف إقليمية وليست عالمية، وهو ما يترتب عليه تحويل النظر إلى البلدان المستقلة ـ التي ليست ضمن اتحاد ـ بشكل أفضل.

Allowable CO_2 emissions based on regional and impact-related climate targets

S Seneviratne *et al*

doi: 10.1038/nature16542

الشكل أسفله | ارتفاع متوسط درجة الحرارة السطحية المستحثة كدالة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية العالمية التراكمية. تم توضيح نتائج النموذج عبر الحقبة التاريخية (1860-2010) بالأسود. توضح السحابة الملونة انتشار النموذج المتعدد عبر سيناريوهات RCP الأربعة. تمت محاكاة متوسط النموذج المتعدد والنطاق بواسطة نماذج CMIP5، والمدفوع بارتفاع ثاني أكسيد الكربون بـ1% لكل عام، والموضح بواسطة الخط الأسود الرفيع والتظليل الرمادي. لكمية معينة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتراكمة، تبدي الـ1% من المحاكاة الخاصة بثاني أكسيد الكربون احترارا أقل من تلك المدفوعة بواسطة RCPs، التي تشمل تأثيرات إضافية بغير ثاني أكسيد الكربون. تم إعطاء طفرات درجة الحرارة نسبة إلى الفترة القاعدية 1861-1880؛ وقد تم إعطاء الانبعاثات نسبة إلى عام 1870.

علم الأرض

مواد غذائية محيطية أثناء العصر الجليدي

يُعتقد أن ترسُّب الغبار بالغلاف الجوي ربما يكون قد خَصَّب المحيط الهادئ الاستوائي بالحديد أثناء العصر الجليدي الأخير، ولكن تأثير تدفق غبار العصر الجليدي المتزايد على الإنتاجية الأساسية ما يزال غير مؤكَّد. تستعرض كاساندرا كوستا وزملاؤها بيانات عن الغبار، وإنتاجية العوالق النباتية، ودرجة استهلاك النيترات من المحيط الهادئ الاستوائي، التي تكشف أنه على الرغم من أن ترسب الغبار بالجو خلال العصر الجليدي الأخير كان أكثر قليلًا من الوقت الحالي، إلا أن إنتاجية المحيط الهادئ الاستوائي لم ترتفع. تشير الاكتشافات إلى أن تدفق غبار العصر الجليدي الأكبر نسبيًّا غير كافية لتقودنا لتخصيب ملحوظ للحديد في وسط المحيط الهادئ الاستوائي. يفترض الباحثون أيضًا أن بياناتهم تتسق مع استهلاك مواد غذائية أكثر اكتمالًا بالمنطقة القطبية الفرعية، وقد يكون ذلك من أثر تخصيب الحديد، كنتيجة لتدفق غباري أكثر ارتفاعًا في تلك المنطقة. وبشكل عام.. يرى الباحثون أن تخصيب حديد العصر الجليدي قد خفَّض ـ في نهاية المطاف ـ من الإنتاجية بالمحيط الهادئ الاستوائي.

No iron fertilization in the equatorial Pacific Ocean during the last ice age

K Costa *et al*

doi: 10.1038/nature16453

إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية البشرية، بدءًا من عام 1870 ($Gt\ CO_2$)

شذوذ درجة الحرارة في الفترة من 1861 – 1880 (درجة مئوية)

إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية البشرية، بدءًا من عام 1870 (Gt C)

تاريخي — RCP2.6
نطاق RCP — RCP4.5
1% yr^{-1} CO_2 — RCP6.0
1% yr^{-1} CO_2 range — RCP8.5

علم الأورام

الاختطاف الفيروسي للكابح الورمي p53

تَستحِثّ فيروساتُ الورم الحليمي البشري المسرطن السرطانَ عن طريق استهداف كابح الورم p53، للانحلال بواسطة اليوبيكويتين. وكشفت كاتيا زانير وزملاؤها مؤخرًا عن التفاصيل البنيوية لكيفية حدوث هذا الاختطاف الفيروسي، وحَلّوا بِنْيَة المركّب الثلاثي، التي كشفت عن التفاعل بين البروتين المسرطن E6 HPV16، وهو الموتيف LxxLL لليجيز اليوبيكويتين الخلوي E6AP، والمجال الأساسي للكابح الورمي p53.

Structure of the E6/E6AP/p53 complex required for HPV-mediated degradation of p53

D Martinez-Zapien *et al*

doi: 10.1038/nature16481

وراثة

تحرير جيني عالي الدقة

يمكن تصميم إنزيمات نيوكليز المستخدَمة في تقنية "كريسبر كاس9" على نطاق واسع في التحرير الجيني بسهولة، ويمكنها أيضًا أن تستحث طفرات جينومية جوهرية غير مرجوة عند التتابعات التي تشبه الموقع المستهدَف. يصف كيث جونج وزملاؤه متغيرًا دقيق الأداء من كاس9 في بكتيريا *Streptococcus pyogenes*، أظهر قدرته على استهداف أنشطة بعينها، مقارنةً بالإنزيم في شكله البري، لكنه لم يمنع ظهور نتائج غير مطلوبة، لأنه لا يمكن اكتشافها بواسطة التقاط الكسر عبر نطاق الجينوم، وطرق التتابع المستهدَف.

High-fidelity CRISPR –Cas9 nucleases with no detectable genome-wide off-target effects

B Kleinstiver *et al*

doi: 10.1038/nature16526

تعبير الحمض النووي الريبي أثناء العدوى

تطبِّق هذه الدراسة تقنية فك تتابع الحمض النووي الريبي المزدوج "RNA-Seq"؛ لتوصيف تعبير الحمض النووي الريبي بشكل آنِيّ في العامل المسبِّب للأمراض *Salmonella enterica* serovar Typhimurium، وخلية المضيف حقيقية النواة خلال العدوى؛ للكشف عن دور منظِّمات ريبية. من بين العديد من الأحماض النووية الريبية الصغيرة " sRNAs" البكتيرية التي اكتُشف نشاطها أثناء العدوى، حدَّد الباحثون حمضًا نوويًّا ريبيًّا صغيرًا، يُسمى "PinT"، يتحكم وقتيًّا في التعبير عن كل من المؤثرات المصاحبة للمستجيبات، وجينات الإمراض اللازمة لبقاء البكتيريا الممرضة على قيد الحياة داخل الخلايا، ويغيِّر التعبير عن كل من النُّسَخ المرمِّزة، وغير المرمزة للمضيف. هذه النتائج هي إثبات لمبدأ فائدة استخدام هذه الطريقة؛ للكشف عن استراتيجيات جديدة محتملة، قد تنتهجها مسبِّبات الأمراض أثناء عملية العدوى.

Dual RNA-seq unveils noncoding RNA functions in host–pathogen interactions

A Westermann *et al*

doi: 10.1038/nature16547

فسيولوجيا

مستشعِر تَعَرُّق حيوي مرن قابل للارتداء

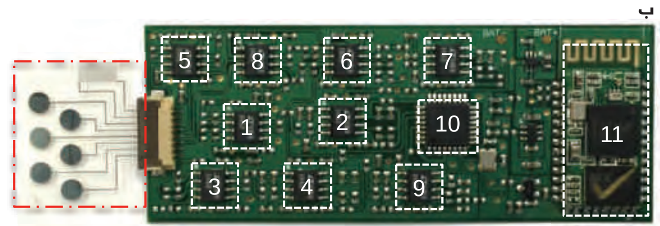
يُعتبر التعرُّق البشري علامة مهمة في عملية التشخيص، لكونه حاملًا للمؤشرات الحيوية، وكذلك في عمليات الكشف عن تعاطي المخدرات، وتحسين الأداء الرياضي. ويمكن تتبُّع التعرُّق على وجه الخصوص بشكل أكبر مقارنةً بمواقع الجسد الأخرى، وذلك في عمليات الرصد الحيوي المستمر. تقدِّم هذه الورقة البحثية منصة استشعار مرنة متكاملة لتحليل التعرق، قائمة على تقنيات موجودة بالفعل. فقد قام علي جافي وزملاؤه بربط مستشعرات جلد، قائمة على اللدائن بدائرة سيليكون متكاملة تقليدية بنجاح؛ ليحققوا قياسًا متعددًا متزامنًا لنواتج الأيض التعرُّق (الجلوكوز، واللاكتيت)، والإلكتروليتات (الصوديوم، والبوتاسيوم). وتم قياس درجة حرارة الجلد؛ لتوفير معايرة بالموضع للمستشعرات، وتم إجراء تحقُّق موضوعي بَشَرِي؛ للبرهنة على القيمة التجريبية للمنصة، وعمل تطبيق مصمَّم خصيصًا للأندرويد؛ للتقييم تبعًا للزمن الحقيقي للحالة الفسيولوجية، إمّا كَسِوَار معصمي، أو لاصقة على الجبهة.

Fully integrated wearable sensor arrays for multiplexed *in situ* perspiration analysis

W Gao et al

doi: 10.1038/nature16521





الشكل أسفله | صور ورسوم توضيحية تخطيطية لمنظومة الاستشعار المتكاملة المرنة FISA لتحليل التعرق المضاعف. **أ**، صورة لمنظومة استشعار متكاملة مرنة ومصفوفة تَعَرُّق مضاعفة متكاملة، ولوحة دائرة مطبوعة مرنة FPCB قابلة للارتداء على الرسغ. (كل الصور بتلك الورقة البحثية تم التقاطها بواسطة الباحثين). **ب**، صورة لمنظومة استشعار متكاملة مرنة مسطحة. يشير المربع الأحمر المتقطع إلى موضع مصفوفة الاستشعار. ويشير المربع الأبيض المتقطع إلى مواضع مكونات الدائرة المتكاملة.

قنوات TRP تضرِّرت في الإسكيميا

يَعتمِد التوصيل العصبي السريع للأعْداد العازلة من المايلين التي تنتجها الخلايا الدبقية ـ قليلة التغصُّن ـ من المادة البيضاء. ويمكن أن تتلف هذه الخلايا عن طريق الإسكيميا ـ الحرمان من الأكسجين في الدم ـ أثناء السكتة الدماغية، واضطرابات الدورة الدموية الأخرى. فقد أظهر ديفيد أتويل وزملاؤه أن الأضرار الناجمة عن فقر الدم للخلايا قليلة التغصن يسبب ارتفاع مستويات الكالسيوم داخل الخلية، من خلال التنشيط المعتمِد على مستقبِلات TRPV1، وليس عن طريق مستقبِلات الجلوتامات من نوع NMDA، كما كان يُعتقد سابقًا. توفر النتائج آلية جديدة، وأهدافًا علاجية لأمراض متنوعة ومنتشرة، كالشلل الدماغي، وإصابات النخاع الشوكي، والسكتة الدماغية، والتصلُّب المتعدد.

Proton-gated Ca^{2+} -permeable TRP channels damage myelin in conditions mimicking ischaemia

N Hamilton *et al*

doi: 10.1038/nature16519

كيمياء حيوية

المحافظة على الإمكانية الليمفاوية

لم يتم فحص دور الميتوكوندريا في المحافظة على الأنساب المنتِجة للدم بالتفصيل. فقد وجد هانز-ويليم سنوك وزملاؤه أن منظم الخلايا الجذعية المنتجة للدم *Prdm16* يستحث التعبير عن ميتوفوسين 2 (Mfn2)، وهو الذي ينظم اندماج الميتوكوندريا، وربط الشبكة الإندوبلازمية بالميتوكوندريا. وعن طريق ضبط مستويات ميتوفوسين 2 في الخلايا الجذعية المنتجة للدم، أثبت الباحثون أن وجوده ضروري لصيانة الخلايا الجذعية المنتجة للدم التي لديها إمكانات ليمفاوية. ومن الناحية الميكانيكية، ينظم Mfn2 إشارات الكالسيوم؛ لتنظيم عامل النسخ Nfat سلبيًّا، ويديم الأنساب الليمفاوية.

Mitofusin 2 maintains haematopoietic stem cells with extensive lymphoid potential
L Luchsinger *et al*
doi: 10.1038/nature16500

فيزياء كمية

معيار جديد للقياس الكَمِّي

يمكن للتشابك الكَمِّي أن يعزِّز دقة القياس عبر الأطوار المتقلصة، حيث يُعاد توزيع التشويش بعيدًا عن الكمية المثيرة للرصد، وذلك لتجاوز الحد الكمي المعياري. تطورت التقنيات العامة لتخليق الأطوار المتقلصة واستخدامها من خلال تجارب عبر العقد الماضي، ولكنْ لم تتحسن النظم المتقلصة بالقدر الكافي حتى الآن للمنافسة مع الطرق التقليدية. يبرهن الباحثون هنا على تقليص غزلي لمجموعة من ذرات الروبيديوم، وقاموا بتحليل الدوران المستحدَث في نطاق الموجات المجهرية بمُعامل يبلغ 70 لما بعد الحدّ الكمي المعياري. وقد حقق الباحثون من خلال تلك المنظومة قياس ساعة ذرية تتفوق على الحد الكمي المعياري بمعامل يبلغ 11. تمهِّد تلك النتيجة ـ من خلال مُعَامل إشارة إلى تشويش ضئيل ـ الطريق لساعات ذَرِّيَّة، ومستشعرات، واختبارات ضبط أكثر دقة في الفيزياء الأساسية.

Measurement noise 100 times lower than the quantum-projection limit using entangled atoms
O Hosten *et al*
doi: 10.1038/nature16176

أحياء جزيئية

تنظيم عامل النَّسْخ Foxo1 للخلايا التائية

وَفَّر مينج لي وزملاؤه أدلّة على أن عامل النسخ Foxo1 يلعب دورًا في تحديد مجموعات فرعية متميزة من الخلايا التائية التنظيمية "T_{reg}"، وأظهر أن تمايز الخلايا التائية التنظيمية T_{reg} المنشطة يرتبط بقَمْع البرنامج النسخي المعتمِد على عامل النسخ Foxo1. يُطْلِق تعبير Foxo1 النشط بشكل جوهري نضوب الخلايا التائية التنظيمية T_{reg} في الأنسجة المحيطة، ويؤدي إلى مناعة ذاتية بواسطة الخلية التائية CD8 القاتلة. وقد يكون الارتشاح الورمي للخلايا التائية التنظيمية T_{reg} أكثر حساسية لكَسْب وظيفة Foxo1.

Graded Foxo1 activity in T_{reg} cells differentiates tumour immunity from spontaneous autoimmunity
C Luo *et al*
doi: 10.1038/nature16486

نقل اليوبيكويتين بإنزيم ليجيز E3

يؤثر تعديل ركائز البروتين بالأوبيكويتين على جوانب عديدة من الإشارات الخلوية والوظيفية. ويتوسط إنزيم ليجيز E3 الخطوة النهائية في سلسلة عملية إضافة الأوبيكويتين، وينقل الأوبيكويتين من الإنزيم المقترن بالأوبيكويتين E2 إلى الركيزة، إما مباشرة، أو عن طريق خطوة يُرْبَط فيها ليجيز E3 نفسه تساهميًّا بالأوبيكويتين. ومن بين إنزيمات الليجيز التي تعمل بالطريقة السابقة.. أعضاء من عائلة RBR من نوع RING إنزيمات ليجيز E3، تضم باركين Parkin، وهويب HOIP. كانت جميع البِنَى التي تم حلها حتى الآن من إنزيمات الليجيز RBR E3 في شكل مثبط تلقائيًّا. وأورد ستيفان ريدل وزملاؤه مؤخرًا أول بِنْيَة لـHOIP-RBR النشط بشكل كامل في مركّب نقله مع الأوبيكويتين~E2. ومن بين المعلومات المكتسَبة.. أنّ التشكُّل النشط المستطيل يسمح بمحاذاة المركزين الحفّازين E2، وE3 المثاليَّين لنقل اليوبيكويتين.

Structure of a HOIP / E2~ubiquitin complex reveals RBR E3 ligase mechanism and regulation
B Lechtenberg *et al*
doi: 10.1038/nature16511

بِنْيَة إنزيم بوليميريز الحمض النووي Pol II

يؤثر تعديل ركائز البروتين بالأوبيكوتين على جوانب عديدة من الإشارات الخلوية والوظيفية. وينتج إنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني " Pol II"حقيقي النواة الحمض النووي الريبي المرسال mRNA خلال النسخ للجينات المرمزة للبروتين. والبِنْيَة عالية الاستبانة لإنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني في الخميرة معروفة، لكن الدراسات البنيوية لإنزيم الثدييات كانت حتى الآن محدودة باستبانة منخفضة. وقد استخدم باتريك كريمر وزملاؤه مجهرية تبريد العينة؛ لتحديد أول بِنْيَة عالية الاستبانة من إنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني للثدييات (الأبقار) في شكل مركّب مستطيل مع قالب الحمض النووي، مقيَّد ونسخة حمض نووي ريبي. تشبه البِنْيَة العامة البِنَى البلورية التي سبق تحديدها لمركَّب استطالة إنزيم بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني في الخميرة، لكنه يكشف أيضًا عن عدد من الاختلافات في توجُّهات المجال والركيزة، التي سوف توفر نقطة انطلاق لفهم آلية النسخ البشري.

Structure of transcribing mammalian RNA polymerase II
C Bernecky *et al*
doi: 10.1038/nature16482

علم الفيروسات

آليّة للتهرب من المناعة الفيروسية

وَفَّرَ جُوِي تشن وزملاؤه أول بنية مجهرية بتبريد العينة للناقل TAP، وهو ناقل ببتيدي محوري للفئة الأولى من مظهر المستضد MHC والمناعة الخلوية. حل الباحثون بِنْيَة TAP في مركّب مع بروتين فيروس الهربس ICP47، وكشفوا كيف يسدّ بروتين فيروس الهربس دبوسًا حلزونيًّا طويلًا في مسار نقل الببتيد لـTAP، وبالتالي مَنْع المستضدات الفيروسية من دخول الشبكة الإندوبلازمية، وتسهيل التهرب المناعي.

A mechanism of viral immune evasion revealed by cryo-EM analysis of the TAP transporter
M Oldham *et al*
doi: 10.1038/nature16506

الشكل أعلاه | التنقية والتوصيف للناقل TAP بمجهرية إلكترون تبريد العينة. أ، المستضد من مسار العرض لفئة الأولى (MHC). PLC: مركب تحميل الببتيد. **ب**، الرسم التخطيطي لطبلوجيا لناقل TAP1 (الأزرق) وTAP2 (الذهبي). تتم الإشارة إلى أرقام البقايا للنهايات الكربوكسيلية للسلسلة عديدة الببتيد C. **ج**، بروفيل ترشيح الهلام لمركب TAP / ICP47. ملحق: الفصل الكهربائي لهلام كبريتات دوديكل الصوديوم متعدد الأكريلامايد لكسر الذروة مصبوغة بصبغة كوماسي الزرقاء Coomassie. **د**، صورة مجهرية نموذجية لمركب TAP/ICP47 بعد تصحيح الانحراف. كما يظهر أيضًا ممثل لفئة متوسطات ثنائية الأبعاد للجزيئات.

كيمياء

بطارية لكل الفصول

تعاني بطاريات أيون الليثيوم المنتشرة في كل مكان لتوفير الطاقة بالهواتف الذكية والحواسيب المحمولة من فقدان قاس للطاقة عند درجات حرارة ما تحت التجمد، مما يحدّ من استخدامها في تطبيقات معينة، كالسيارات الكهربية، والطائرات على ارتفاعات عالية. ويمكن التخفيف من المشكلة بإضافة سخانات خارجية ومادة عازلة إلى البطارية، ولكنْ مع وجود عائق كبير ـ وهو الوزن ـ طَوَّر شاو-يانج وانج وزملاؤه بطارية أيون ليثيوم "صالحة لكل أنواع المناخ" بإضافة شريط من رقاقة معدنية ذات مقاومة محددة لداخل البطارية التقليدية. يتم تحويل التيار عبر الرقاقة، وتَنْتُج عن ذلك درجة حرارة ناتجة عن المقاومة، وذلك عند درجات الحرارة المنخفضة. عندما ترتفع درجة حرارة داخل البطارية لما فوق درجات الحرارة الصفرية، يتم إطلاق مفتاح، بحيث يتحول إلى التشغيل الاعتيادي. وتحتاج كمية صغيرة فقط من سعة البطارية إلى "مداولتها"؛ لتحقيق ارتفاع في تفريغ الشحنة بالنسبة إلى بطاريات أيون الليثيوم الاعتيادية.

Lithium-ion battery structure that self-heats at low temperatures

C Wang *et al*

doi: 10.1038/nature16502

فلك

الإمساك بثانية عند التشكُّل النجمي

يُظهِر ترصُّد تليسكوب هابل الفضائي للحشود النجمية العملاقة "اليافعة" ـ التي يبلغ عمرها حوالي مليار أو مليارَي عام في سُحُب مَجَرّة "ماجلان" ـ أدلة واضحة على تكوُّن نجمي شبه اندلاعي، حدث منذ مئات قليلة من الأعوام بعد الطور الابتدائي للتشكُّل. وتشير التوزيعات المكانية للأجيال النجمية الأصغر إلى أنها ربما تكون قد نشأت من حشود غازية محيطة، تراكمت بواسطة الحشود أثناء الدوران في أقراص المَجَرّات المضيفة الخاصة بها؛ لتوفِّر مخزون غاز كافيًا يحافظ على التشكل النجمي. ويُعتقَد أن النجوم في الحشود تشكلت ـ بشكل أساسي ـ باندلاع مفرد من حشد سلفي مشترك من الغاز الجزيئي. قد يوضح ذلك الترصد الجديد سبب احتواء الحشود "الكونية" القديمة العملاقة في الأغلب على تجمُّعات نجمية متعددة.

Formation of new stellar populations from gas accreted by massive young star clusters

C Li *et al*

doi: 10.1038/nature16493



غلاف عدد 4 فبراير 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 4 فبراير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء

تقدير موارد رحيق المملكة المتحدة

ذَكَر فراشة أزرق مرصع بالفضي *Plebeius argus* على نبات الخلنج *Erica cinerea* في محمية "مينزيز RSPB" الطبيعية، سوفولك، المملكة المتحدة. لُوحظ مؤخرًا انخفاض مقلِق في أعداد النحل، والملقِّحات الحشرية الأخرى. وأُرْجِع هذا الانخفاض في أعدادها إلى انخفاض أعداد الزهور كسبب أساسي، وهو ما لم يتم تأكيده. وقد قدَّمت ماتيلدا باودي وزملاؤها تقييمًا للرحيق على المستوى الوطني للمملكة المتحدة كمورد أساسي تعتمد عليه الملقّحات. كما حدد الباحثون قيمة الرحيق لمعظم النباتات البريطانية الأكثر شيوعًا، وقَيَّموا إنتاج الرحيق بمائتين وستين نوعًا، حيث قاموا بتجميع البيانات من خلال بيانات تاريخية للكساء الخضري. تبيِّن النتائج أن المصادر الإجمالية للرحيق قد تناقصت في إنجلترا وويلز فيما بين ثلاثينات وسبعينات القرن الماضي، قبل أن تستقر، لكن تَنَوُّع الأنواع الموفِّرة للرحيق تناقص لعقد آخر بعد ذلك. وبحلول عام 2007، شكَّلت أربعة أنواع نباتية عشبية معظم مؤن الرحيق الوطني. وتعكس هذه الاتجاهات تنوُّع الملقحات، التي تناقصت في منتصف القرن العشرين، لكنها أصبحت أكثر استقرارًا مؤخرًا. وقد تزيد تعديلات صغيرة لدورة الإدارة في تحسين المراعي؛ مما يسمح للبرسيم الأبيض ـ وهو المصدر المهيمن للأزهار ـ بزيادة وفرة الرحيق، على الرغم من أن عددًا محدودًا فقط من الملقِّحات قد يستفيد من ذلك.

Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain

M Baude *et al*

doi: 10.1038/nature16532

وراثة

الوراثة فوق الجينية للورم الأرومي

كشفت الدراسات الجينومية للورم الأرومي النخاعي لأورام المخ عند الأطفال أربع مجموعات فرعية جزيئية متميزة إكلينيكيًّا. وفي هذه الدراسة، رَسَم الباحثون خريطة العناصر التنظيمية للجينات النشطة في 28 نسيجًا من أنسجة الورم الأرومي النخاعي الأوّلية؛ للكشف عن المحسِّنات المنظمة بشكل تفاضلي عبر مجموعات فرعية مختلفة. وتسمح النتائج بإلقاء نظرة متفحصة على عوامل النسخ، التي تميِّز تَبَاعُد المجموعة الفرعية والأصل الخلوي للمجموعة الثالثة، والمجموعة الفرعية الرابعة، العسيرة على التمييز.

Active medulloblastoma enhancers reveal subgroup-specific cellular origins

C Lin *et al*

doi: 10.1038/nature16546

فسيولوجيا جزيئية

اضطراب مستوى "ألفا سينكلاين"

ترتبط مجموعات أميلويد من البروتين "ألفا سينكلاين" α-synuclein بحدوث الإصابة بمرض باركنسون، لكن في حين أن البروتين المعزول يختل تركيبه في المختبر، يختلف تركيب البروتين داخل الجسم الحي، حيث يتراوح ما بين وحدات بوليمر معتلة إلى وحدات حلزونية مطوية رباعية الأقسام. وحاليًّا، من خلال استخدام الاستبانة الذرية لمطيافية الرنين المغناطيسي النووي في الخلية، تَبَيَّن فيليب سيلينكو وزملاؤه أن البروتين "ألفا سينكلاين" "يظل معتلّ التركيب في جميع خلايا الثدييات التي تم اختبارها، وتحديد أي جزء من البروتين يتفاعل بشكل ديناميكي مع السيتوبلازم، أو يظل محميًّا منه، وبالتالي يمنع التراكم في الظروف الفسيولوجية. تقدِّم هذه الدراسة العديد من الطرق التجريبية التي تُطَبَّق لأول مرة على بروتين داخل خلايا الثدييات.

Structural disorder of monomeric α-synuclein persists in mammalian cells

F Theillet *et al*

doi: 10.1038/nature16531

كيمياء حيوية

تشكيل الكروماتين في الخلايا الجذعية

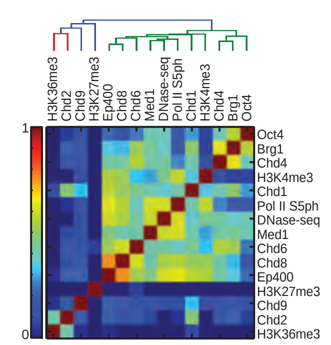
تُعتبر إنزيمات إعادة تشكيل الكروماتين ضرورية؛ للسماح لوصول عوامل النسخ وآلات النسخ العام إلى الحمض النووي. فقد حدَّد ماثيو جيرارد وزملاؤه تقييم ثمانية إنزيمات على نطاق الجينوم في الخلايا الجذعية الجنينية للفأر على مستوى استبانة جسيم نووي واحد. ووجد الباحثون أن كل إنزيم منهم يقيد في مواضع جسيم نووي محدد بالنسبة إلى بدء الجينات، ويمكن أن يكون إنزيم إعادة التشكيل نفسه بمثابة منظم إيجابي، أو سلبي للنسخ، اعتمادًا على نشاط الجين الذي يقيِّده. وتوضح النتائج كيف تعمل إنزيمات إعادة التشكيل معًا في مواضع الجسيمات النووية المجاورة لمناطق المحفِّزات لجسيم نووي مستنفد؛ من أجل تنظيم النَّسْخ.

Genome-wide nucleosome specificity and function of chromatin remodellers in ES cells

M Dieuleveult *et al*

doi: 10.1038/nature16505

الشكل أسفله | الإشغالات المرتبطة عبر المناطق الجسيمة النووية المقيدة لمعيد التشكل. خريطة الحرارة التي تمثل ارتباط بيرسون بين معيدي التشكل وغيرها من العوامل داخل 500 زوج قاعدة من 138,582 نقاط منتصف مواقع شديدة الحساسية للدنيز (DHS-I).



علم الفيروسات

ثبات فيروس HIV-1 أثناء العلاج بالعقاقير

يمكن لمزيج من العقاقير المضادة للفيروسات الرجعية أن يقلِّل تضاعُف الفيروس، وتقليل الحمض النووي الريبي الفيروسي إلى مستويات غير قابلة للكشف في الدم في العدوى بفيروس نقص المناعة البشرية-1، ولكن ليس واضحًا ما إذا كان العلاج يقمع تكاثر الفيروس تمامًا في خزانات الأنسجة الليمفاوية، أم لا. وقد فحص ستيفن وولينسكي وزملاؤه التتابع الفيروسي في الأنسجة الليمفاوية من ثلاثة أفراد مصابين بفيروس نقص المناعة البشرية-1، يتلقون العلاج بالعقاقير؛ وقد وجدوا أدِلَّة فيلوجينية (خاصة بنشوء وتطور السلالات) للتضاعف المستمر للفيروس، مما يدل على أن تركيز العقاقير المضادة للفيروسات الرجعية في الأنسجة الليمفاوية غير كاف لقمع الفيروس تمامًا. ويفسِّر الباحثون ـ باستخدام نموذج رياضي ـ لماذا لا تنشأ مقاومة الأدوية بالضرورة في ظل الظروف التي تكون فيها تركيزات الأدوية غير كافية لمنع تَضاعُف الفيروس تمامًا.

Persistent HIV-1 replication maintains the tissue reservoir during therapy

R Lorenzo-Redondo *et al*

doi: 10.1038/nature16933

مُستقبِل عدوى فيروس AAV

ساعَد مؤخرًا اكتشافٌ أكثر أمانًا وفعالية لطرق توصيل للجينات الفيروسية على إحياء الاهتمام بالعلاج الجيني. وأبرز هذه الطرق هي نواقل فيروس (AAV) المرتبط بالكتلة الليمفاوية خلف التجويف الأنفي. وقد حَدَّد يان كريت وزملاؤه بروتينًا مسؤولًا عن دخول فيروس AAV إلى الخلايا لاحقًا، للتعلق بالخلية. وهذا البروتين ـ الذي أُطلق عليه AAVR ـ يمر بسرعة من خلال غشاء البلازما لشبكة جهاز "جولجي". وقد أظهر الباحثون أن الفيروس يقيِّد مباشرة إلى بروتين AAVR، وأن الاجتثاث الجيني لبروتين AAVR يجعل مجموعة متنوعة من أنواع خلايا الثدييات والفئران مقاوِمة للعدوى.

An essential receptor for adeno-associated virus infection

S Pillay *et al*

doi: 10.1038/nature16465

جيولوجيا

هل يثير "لوسونيت" انزلاقًا صَدْعيًّا؟

قام كيشي أوكازاكي، وجريج هيرث بتقديم قياسات على التشوه والانبعاث الصوتي على معدن "اللوسونيت" السيليكاتي، مصمَّمة لاختبار ما إذا كان تفاعل تجفيف "اللوسونيت" يمكن أن يستحث انزلاقًا صدعيًّا غير مستقر، يُمكِن أن يفسِّر مصدر الزلازل الأرضية متوسطة العمق في نطاقات الاندساس البارد، أم لا. تبيِّن النتائج أن الانزلاق الصدعي غير المستقر ـ أو عصا الانزلاق ـ يحدث في "اللوسونيت" أثناء تفاعلات التجفيف. وتمّ رصد إشارات الانبعاث الصوتي بطريقة متصلة، مما يشير إلى إمكانية الانزلاق الاحتكاكي غير المستقر داخل طبقات "اللوسونيت" الطبيعية. يتناقض هذا السلوك ـ بشكل مباشر ـ مع تجارب مشابهة، تم إجراؤها على معدن "الأنتيجورايت" المتعرج، وقد أظهرت انزلاقًا مستقرًّا، أو بطيئًا، وعدم وجود لانبعاث صوتي أثناء التجفيف في الظروف المشابهة. يبرهن هذا العمل على أن "اللوسونيت" واحد من المعادن القليلة التي تُظْهِر تشوهًا هَشًّا يؤدي إلى انزلاق صدعي غير مستقر عند ضغط مرتفع، وكذلك درجة حرارة مرتفعة.

Dehydration of lawsonite could directly trigger earthquakes in subducting oceanic crust

K Okazaki *et al*

doi: 10.1038/nature16501

الشكل أعلاه | توزيع زلازل العمق المتوسط، ومسارات الضغط – درجة الحرارة لنطاقات الاندساس الباردة والساخنة، وتفاعلات التجفيف الأساسية لحجر اللوسونيت. عدد الزلازل الأرضية مقابل عمق صفائح الاندساس. يمتلك نطاق الاندساس البارد (الأشرطة الزرقاء، هوكايدو بشمال اليابان) قمة سيزمية داخل القشرة المحيطة الاندساسية، كلما تعمَّقنا بالوشاح الصخري الاندساسي (النطاق السيزمي المضاعف). ويمتلك النطاق الاندساسي الحار (الأشرطة الحمراء، كاسكاديا بشمال أمريكا) نطاقًا منفردًا من السيزمية بالقرب من الانفصال الموهوروفيسي (موهو)، مع فعالية سيزمية منخفضة داخل القشرة المحيطة الاندساسية.

فيزياء

تحكُّم الإلكترونات المرتبطة

ينشأ حد السرعة الأدنى للسيطرة على المادة عبر القوة الكهرومغناطيسية للضوء عن الوقت الذي تستغرقه الإلكترونات المرتبطة للاستجابة. وتبيِّن التجارب أن تلك الاستجابة ليست لحظية، لكن نقص المسابير السريعة بدرجة كافية منع القياسات المباشرة. فقد قام إليفثيريوس جوليلماكيس وزملاؤه مؤخرًا بإنتاج نبضات ضوء مكثفة في النطاق الطيفي المرئي، وما يقترب منه، مع طاقة محصورة بدرجة كبيرة إلى نصف دورة موجية، وقاموا بالبرهنة على أن ما يُسمى بنبضات الأتوثانية البصرية يمكنها التحكم في ديناميّات الإلكترونات المرتبطة بذرات الكريبتون وقياسها. يحدد إثبات صحة مبدأ القياسات قيمة نبضات الأتوثانية البصرية؛ لسَبْر الإلكترونات المرتبطة بالذرات والجزيئات أو المواد الصلبة، والتعامل معها، وقد يكون لها أيضًا استخدام في الفوتونيات غير الخطية القائمة على الضوء، التي تعمل على نطاقات زمنية أقل من الفيمتوثانية، ومعدلات تُقَدَّر بالبيتاهيرتز.

Optical attosecond pulses and tracking the nonlinear response of bound electrons

M Hassan *et al*

doi: 10.1038/nature16528

فلك

نواة "كرة ركام جليدية" مُذَنَّبية

نحن على دراية كافية بذيل المُذَنَّب الساطع، والغبار المميز له، والذيول البلازمية للمُذَنَّبات عن رصدها من الأرض، لكن النواة نفسها مخفية بداخل ذيل المُذَنَّب. تتكون نواة المُذَنَّب من الغبار، وفي الأغلب من الجليد المائي، لكن بِنْيَتها الداخلية غير معروفة بشكل أساسي. تستعرض هذه الورقة البحثية نتائج من تجربة الفحص العلمي الراديوي "RSI" على سفينة روزيتا الفضائية، التي توفر الكتلة الدقيقة، والكثافة الكلية والمسامية، والبِنْيَة الداخلية لنواة المُذَنَّب 67P/تشوريوموف-جيراسيمينكو، القائمة على مجال جاذبيّته. تشير النتائج إلى كثافة منخفضة، ونواة عالية المسامية تحتوي على غبار يبلغ أربعة أضعاف ما تحتويه من الجليد من حيث الكتلة، وضعفي حجمه. واستخلص الباحثون أن المناطق الداخلية بالنواة متجانسة، وثابتة الكثافة على المقياس العام، وبدون فجوات ضخمة.

A homogeneous nucleus for comet 67P/Churyumov– Gerasimenko from its gravity field

M Pätzold *et al*

doi: 10.1038/nature16535

علم المواد

واجهة إلكترونية قابلة للامتصاص الحيوي

تورِد هذه الدراسة تصميم جهاز استشعار وتصنيعه من السيليكون القابل للامتصاص الحيوي في الجسم الحي؛ لمراقبة الضغط ودرجة الحرارة داخل المخ. وكانت جميع المواد التي تشكل الجهاز معروفة سابقًا بكونها قابلة للامتصاص، لكن هذا هو أول جهاز استشعار وظيفي يذوب تمامًا في الجسم الحي بعد الاستخدام، بدون أي آثار سيئة واضحة. وجدير بالذكر أن صُنْع أجهزة الاستشعار قابلة للارتشاف الحيوي بالكامل يُجَنِّب الحاجة إلى الاستئصال الجراحي. ولا تقتصر تطبيقات مثل هذه الأجهزة على الدماغ، بل يمكن تعديلها لاستخدامها في مجموعة متنوعة من الحالات الطبية. وقد حدث أنْ أُزيلت الأسلاك الموصولة عن طريق الجلد، من خلال زرع جهاز القياس عن بُعْد. ورغم ذلك.. لم يكن الجهاز قابلًا للامتصاص الحيوي بالكامل.

Bioresorbable silicon electronic sensors for the brain

S Kang *et al*

doi: 10.1038/nature16492

أحياء مجهرية

سر الشيخوخة هو التوقيت

تُظْهِر هذه الدراسة التي أجريت على الدودة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans* ـ وهي نموذج راسخ في بحوث الشيخوخة ـ أن مجموعة من التدخلات المختلفة ـ تتمثل في طفرات في مسار تأشير الإنسولين IGF-1/، وتغيرات في درجة الحرارة المحيطة، وإجهاد التأكسد المستحث كيميائيًّا ـ تسفر جميعها عن توزيعات لفترة الحياة التي يمكن أن تطبَّق على منحنى عالمي، عن طريق تغيير مقياس محور الزمن. وتحدِّد هذه الظاهرة "تضخيم القياس الزمني" متغيرًا جديدًا لحالة ـ *r*(t) ـ وتخرط ديناميّات متوسط الاضمحلال على ثابت معدل فعالية للشيخوخة، *kr*. وتؤثر التدخلات التي تتجِ القياس الزمني على فترة الحياة، عن طريق تغيير *kr*.

The temporal scaling of *Caenorhabditis elegans* ageing

N Stroustrup *et al*

doi: 10.1038/nature16550

علم الأعصاب

نموذج لاضطرابات النمو العصبي

متلازمة الازدواجية MECP2 هي اضطراب يحدث في مرحلة الطفولة، نتيجة وجود نسخة إضافية من الجين *MECP2*، وهو المسؤول عن ترميز البروتين 2 المقيد لميثيل-CpG. وتشمل أعراضه علامات مرض التوحد، والقلق. وقد قام زيلونج تشيو وزملاؤه بتنشيط الجين في الدماغ داخل قردة معدلة وراثيًّا، وأظهرت القردة تحولات سلوكية، مثل تغيرات في التفاعل الاجتماعي، وزيادة الشعور بالقلق. وإضافة إلى ذلك.. أظهر الباحثون انتقال هذه السلوكيات إلى سلالة الجيل الأول (F1)، الذي تَمَيَّز بنمط ظاهري متغاير في التفاعل الاجتماعي. وتبيِّن هذه الدراسة جدوى استخدام الرئيسيات غير البشرية المعدَّلة وراثيًّا لدراسة اضطرابات النمو العصبي.

Autism -like behaviours and germline transmission in transgenic monkeys overexpressing MeCP2

Z Liu *et al*

doi: 10.1038/nature16533

علم الحيوان

حل لغز ديدان Xenoturbella

هناك معضلة تتعلق بتصنيف دودة *Xenoturbella*، التي تعيش في أعماق البحار، نتيجة لافتقارها إلى الجهاز العصبي المركزي، والجوف العام، وفتحة الشرج، والأعضاء التناسلية. وعلى الرغم من بساطتها، وُجِد أن بعض صفاتها يتشابه مع مجموعة ثنائيات الفم، كالحيوانات، وكذلك الإنسان. وإذا كان هذا صحيحًا، فهذا يعني إمّا أن جسد الدودة خضع لتبسيط جذري عبر مراحل تطورها، أو أنها حصلت على صفات مجموعة ثنائية الفم بشكل مستقل. وتعالِج ورقتان بحثيتان نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* جوانب مختلفة من تلك الديدان، حيث أضاف جريج روس وزملاؤه أربعة أنواع من الدودة، تعيش في أعماق البحار، بدءًا من شرق المحيط الهادئ إلى الاثنين المعروفين بالفعل من المحيط الأطلسي. وتضع نتائج تحليل التطور الجينومي أسفل مجموعة ذوات الفم البدائي Protostomia، أو ثنائية التناظر، وهو المتوقع من خلال الشكل الظاهري البسيط. وقد توصَّل أندرياس هيجنول وزملاؤه إلى استنتاج مماثل إلى حد كبير، استنادًا إلى تحليل التطور الجينومي باستخدام أحد عشر من ترانسكريبتومات من الديدان المسطحة الغريبة، وغير الجوفية الشكل Acoelomorpha.

Xenacoelomorpha is the sister group to Nephrozoa

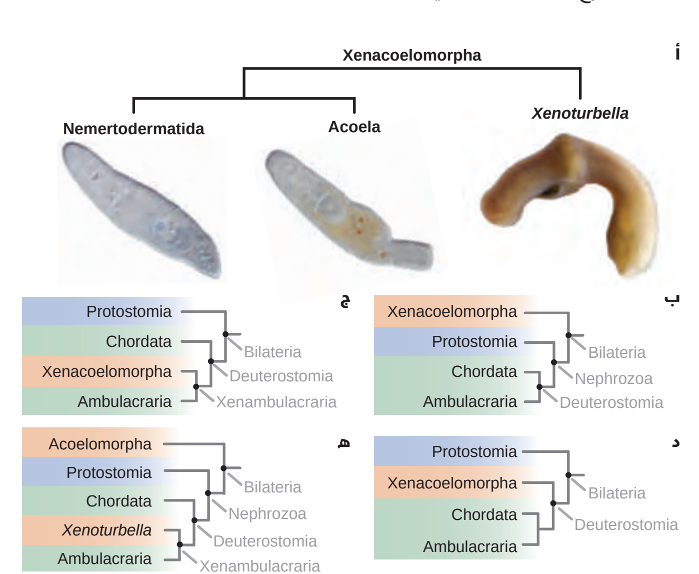
J Cannon *et al*

doi: 10.1038/nature16520

New deep-sea species of *Xenoturbella* and the position of Xenacoelomorpha

G Rouse *et al*

doi: 10.1038/nature16545



الشكل أسفله | الفرضيات الفيلوجينية (خاصة بنشوء وتطور السلالات) المتعلقة بـ Xenacoelomorpha من الدراسات الجزيئية السابقة. أ، العلاقات بين Xenacoelomorpha. *Xenoturbella* شقيقة Acoelomorpha (Acoela + Nemertodermatida). الأنواع المصورة (الموضحة) من اليسار إلى اليمين: *Flagellophora apelti*، *Diopisthoporus psammophilus*, *X*. *bocki*.. *Xenacoelomorpha* صنف شقيق لـ Nephrozoa (تحليل التطور الجينومي). **ج،** Xenacoelomorpha صنف شقيق لـ Ambulacraria ضمن ثنائيات الفم deuterostomes (تحليل التطور الجينومي). **د،** Xenacoelomorpha صنف شقيق لـ Ambulacraria + الحبليات Chordata (تحليل بروتين الميتوكوندريا). الديدان المسطحة الغريبة *Xenoturbella* ضمن ثنائيات الفم Deuterostomia، بينما تشكل غير جوفية الشكل Acoelomorpha فرعين حيويين (كلادين) منفصلين خارج Nephrozoa (تحليل منهجي جزيئي)، أو مجموعتها الشقيقة (بعض تحليل بروتين الميتوكوندريا). تشير الألوان في **ب - هـ** إلى Xenacoelomorpha (الأحمر)، أولِيات الفم Protostomia (الأزرق)، ثانيات الفم Deuterostomia (أخضر).

كيمياء

انشطار مائي ضوئي كيميائي كهربي

يُعَدّ الانقسام الكيميائي الكهربي الضوئي للمياه إلى هيدروجين وأكسجين تقنيةً تحويل واعدة للطاقة الشمسية إلى وقود. وتتطلب عادةً محاولات جعل تلك العملية أكثر كفاءة تعديل الأنودات الضوئية بأكسجين تطوُّري كعامل حفاز، لكن المتاح من المعلومات عن تلك العملية قليل. وقد استخدم جاستن سامبر وزملاؤه تقنية تصوير "إن أوبيراندو" بدقة فصل غير مسبوقة؛ لرسم خريطة الفعاليات الحفزية الكهربية الضوئية على قضبان نانوية مفردة من TiO_2. تُظْهِر البيانات ما هي مواقع الأنود الضوئي الفعالة، وتَكشِف أيَّ مواقع ترسيب العامل الحفاز تعزِّز الكفاءة، أو تجعلها أسوأ، ولماذا. إنّ الطرق المستخدَمة قابلة للتطبيق على نطاق واسع من أنظمة المواد، وينبغي أن تمكِّن من تطوير الإلكترودات الضوئية الحفزية المحسّنة، وذلك من أجل تحويل الطاقة الشمسية.

Sub-particle reaction and photocurrent mapping to optimize catalyst-modified photoanodes

J Sambur *et al*

doi: 10.1038/nature16534

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

دوريات منخفضة التكلفة تنضم إلى مستودع arXiv

تمتد منصات مراجعة الأقران ـ التي تعتمد على مستودعات ما قبل الطباعة، الموجودة على الإنترنت ـ إلى مجال الفيزياء الفلكية.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

إليزابيث جيبني

أَطْلَقَ أحد علماء الفيزياء الفلكية منصة مجتمعية منخفضة التكلفة لعملية مراجعة الأقران، مُلْتَفًّا بذلك على أساليب النشر العلمي التقليدية. وبجعل هذا البرنامج مفتوح المصدر، فإنه بذلك يشجع العلماء في المجالات الأخرى على القيام بالأمر ذاته.

تعمل دورية "أوبن جورنال أوف أستروفيزيكس" *Open Journal of Astrophysics* بالتوافق مع النصوص المدرجة على خادم ما قبل الطباعة arXiv، حيث يقدِّم الباحثون أبحاثهم إلى الدورية، آخِذِينها منه مباشرة، وهي تعمل بدورها على تقييم تلك الأبحاث بطريقة مراجعة الأقران المعتادة، ثم يُعاد نشر نُسَخ الأبحاث المقبولة على arXiv، وتُمنح معرفًا رقميًّا، ثم تنشر الدورية روابط لتلك الأبحاث.

وباعتماد الدورية على مستودع arXiv، فإنه من المفترض بها أن تعمل بتكلفة قليلة، مقارنةً بتكلفة النشر التقليدي، وأن تُتاح مجانًا للقرّاء وللمؤلفين، على حد سواء، حسب قول بيتر كولز، مؤسس الدورية ومدير تحريرها، وعالِم في مجال الفيزياء الفلكية بجامعة ساسكس في برايتون بالمملكة المتحدة. ففي يوم 22 من شهر ديسمبر الماضي، أعلن كولز أن الدورية قد بدأت في تلقِّي طلبات النشر. وكان من المتوقع أن تظهر للنور في أواخر شهر فبراير الماضي، بمجرد إتمام مراجعة الأبحاث الأولى المقرر أن تُنشر فيها.

تم تطوير البرنامج المسؤول عن نظام مراجعة الأقران للدورية تحت قيادة أرفون سميث، وهو كبير العلماء في مستودع الأكواد الشهير "جيت هاب" GitHub. وحيث إن البرنامج مفتوح المصدر، ومتوفر على مستودع GitHub، يأمل كولز في أن يقوم الباحثون في المجالات الأخرى بتبنِّي المنصة نفسها؛ ليُنشِئوا دوريات مفتوحة خاصة بهم. ويقول: "اشطب كلمة "الفيزياء الفلكية"، واكتب مكانها كلمة "المادة المكثفة" أو غيرها؛ وستكون لديك دوريتك المفتوحة".

تتوفر دوريات مشابهة معتمدة على مستودع في مجالي علم الحاسوب والرياضيات؛ فعلى سبيل المثال.. قام تيم جاورز ـ وهو عالِم رياضيات بجامعة كمبريدج في المملكة المتحدة ـ بإطلاق دورية "ديسكريت أناليسيس" *Discrete Analysis* في سبتمبر الماضي، بيد أن دورية "أوبن جورنال أوف أستروفيزيكس" تظل هي الأولى من نوعها في مجال الفيزياء. ويقول جاورز إنه سعيد بكون المنصة التي تعتمد عليها الدورية مفتوحة المصدر، حيث إنها "من المحتمل أن تخفض التكاليف للآخرين بشكل أكبر".

النموذج المعتمد على مستودع

يعتقد كولز أنه لم تعد هناك حاجة إلى الدوريات التقليدية وتكاليفها في مجالات معينة، مثل الفيزياء الفلكية، وعلم الكون، حيث يقوم معظم الباحثين حاليًّا بإدراج أبحاثهم في arXiv، وقراءة الأبحاث عليه أيضًا. ويقول عن ذلك: "إن الاعتراض الوحيد على فكرة وضع الأبحاث على arXiv هو كونه لا يخضع لمراجعة الأقران. إذًا، لِمَ لا يتم

بذل جهد مجتمعي لتقديم خدمة مراجعة الأقران للمستودع؟" كما يشير إلى أن الأكاديميين يقومون بذلك فعلًا للناشرين العلميين، عادةً دون مقابل.

وقد قام كولز بتحمُّل تكاليف تطوير البرنامج من أجل الدورية، إذ بلغت التكلفة آلاف الجنيهات، كما يقول، وذلك (بعكس دورية "ديسكريت أناليسيس"، التي تَستخدم برنامجًا مختلفًا، وهي مدعومة بمنحة من جامعة كمبريدج).

أما تكاليف استضافة المنصة، فيتحملها مستودع GitHub، ولذا.. فالكلفة المتبقية تتمثل فيما يقضيه المحررون والمراجعون من وقتٍ في المراجعة، وهو ما يقدمونه بشكل تطوعي، حسب قول كولز. ويضيف قائلًا إنه إذا أثبتت التجربة نجاحها، وتَضَخَّم حجم الأبحاث المنشورة؛ قد تضطر الدورية إلى تحصيل رسوم من مؤلفي الأبحاث، لا تتعدى بضع عشرات من الجنيهات، حيث (تعتمد الدورية أيضًا على وجود arXiv المستمر، الذي يتكلف تشغيله مبلغًا لا يتعدى 10 دولارات أمريكية مقابل كل بحث).

لا تمتلك الدورية الموارد الكافية لتقديم الخدمات التي تقدِّمها الدوريات التقليدية، مثل التحرير الدقيق للأبحاث المُقدَّمة، بل يتم رفض الأبحاث المكتوبة بشكل سيئ، وتقدِّم الدورية للباحثين قائمة بمقدمي خدمات التحرير الاحترافي، كما يقول كولز.

جذب الاهتمام

يرحِّب جاورز بالدورية الجديدة، ويقول إن نموذج الدوريات المعتمِدة على مستودع arXiv أكثر قابلية للنجاح، إذا كان الكثير من النماذج المماثلة قد نجح بالفعل. وعملت الدورية على إنشاء هيئة تحرير ضخمة، مكوَّنة من علماء فيزياء بارزين، مِن بينهم بيدرو فيريرا، وهو عالِم في الفيزياء النظرية بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة، وأندرو جافي، المتخصص في علم الكون في إمبريال كوليدج لندن.

وليس بالضرورة أن يتسابق علماء الفيزياء الفلكية على النشر في دورية "كولز". تقول إيفين فان ديشوك ـ العالمة في مجال الفيزياء الفلكية بمرصد لايدن في هولندا ـ إنها لن تنشر أعمالها ـ على الأرجح ـ في تلك الدورية. وتضيف: "هناك دوريات مرموقة بجودة عالية في مجال عِلم الفلك، وتنال احترام الجميع".

وتشير فان ديشوك أيضًا إلى أن المقالات في مجال الفيزياء الفلكية متاحة بالفعل بشكل مفتوح للجميع، إذ يمكن لأي شخص أن يتصفح النصوص قبل الطباعة على arXiv، بينما تقوم الدوريات في هذا المجال بإتاحة نسخ المقالات النهائية للجميع، بعد فترة تبلغ عادةً 12 شهرًا بعد النشر. وعلى ذلك.. تضيف قائلة إن بطء عملية مراجعة الأقران قد يمثل مشكلة بالنسبة إلى الباحثين، لكنْ يجب على دورية "أوبن جورنال أوف أستروفيزيكس" أن تثبت أنها أسرع.

بغض النظر عن التكلفة.. يجب على كل دورية جديدة تودّ جَذْب الكثير من الباحثين أن تواجه مشكلتين رئيستين، هما: السرعة، وحيادية عملية التحرير، حسب قول أندرو كينج، المتخصص في علم الكون بجامعة ليستر في المملكة المتحدة. وهو يضيف قائلًا: "من الصعب للغاية ضمان المصداقية، وتحديدًا.. الحيادية". وهو يشير إلى أن دعم المنظمات طويلة الأمد ذات الدور الفعال في مستقبل مجالٍ ما ـ مثل الجمعيات التعليمية ـ هو عادة أمر جوهري لنجاح أي دورية. ■

س و ج أليس ألين

أمينة مكتبة البرمجيات

تدير أليس ألين ـ أثناء النهار ـ برامج للتدريب على البرمجيات وتقنية المعلومات لمجلس محافظي بنك الاحتياطي الفيدرالي (البنك المركزي الأمريكي) بواشنطن العاصمة، ولكن في وقت فراغها، تقوم أليس بتحرير أكبر سجل في العالم لبرمجيات بحوث الفيزياء الفلكية وعلم الفلك – مكتبة الأكواد المصدرية للفيزياء الفلكية (ASCL؛ ascl.net).



CHRIS MADDALONI/NATURE

كيف أصبحتِ محررة مكتبة الأكواد المصدرية للفيزياء الفلكية ASCL؟

كنت دائما مهتمة بعلم الفلك، ولذا.. بدأتُ في عام 2010 في القيام بأعمال تطوعية لموقع "صورة اليوم لعلم الفلك" Astronomy Picture of the Day. قلت لأحد منشئي الموقع ـ روبرت نميروف، عالم الفيزياء الفلكية في جامعة ميشيجان التقنية في هوتون، والتي تستضيف مكتبة ASCL ـ لديّ متسع من الوقت للإسهام في مشروع آخر. تحدثنا عن محاولة، كان قد بدأها في عام 1999 مع جون والين (الآن في جامعة شرق ولاية تينيسي في مورفريسبورو) لإنشاء مستودع للأكواد المصدرية للفيزياء الفلكية – مكتبة ASCL القديمة. كانت المكتبة قد جمعت حوالي 40 كودًا مصدريًّا، ولكنها كانت مهمَلة كأرض بور في ذلك الوقت، لعدم وجود محرر. أخذتُ تلك المهمة على عاتقي، وما زلت قائمة على هذا العمل منذ ذلك الحين.

إنني أعمل على مكتبة ASCL في وقت فراغي، وآخذ إجازات للتحدث عنها في المؤتمرات. إنها منظمة طوعية بالكامل: لدينا اثنان من المطوّرين، ومحرِّر مشارِك، كيمبرلي دوبري، وهو مبرمج في معهد علوم تليسكوب الفضاء في بالتيمور، ميريلاند. تتكون اللجنة الاستشارية من علماء فيزياء فلكية يفعلون ذلك، لأنهم يعتقدون أنها فكرة جيدة. وهناك الكثير من الحماس لهذا المشروع.

لماذا يُعد هذا الموقع مهمًّا؟

لأنه يزيد من فرص العثور على البرمجيات المستخدَمة في البحوث. وكما هو الحال في العديد من العلوم الأخرى، أصبحت الفيزياء الفلكية أكثر اعتمادًا على البرمجيات. ومع زيادة استخدام البرمجيات، انخفضت شفافية وقابلية النتائج العلمية للتكرار، حيث يمكن أن تقرأ ورقة علمية، ولكن قد لا يكون بإمكانك الاطلاع على الكود المصدري الذي أمكن عن طريقه الحصول على النتائج. تضم مكتبة ASCL ما يقرب من 1,200 سجل للأكواد المصدرية التي استُخدمت في بحوث نُشرت في دوريات علمية محكَّمة. ويمكن الاستشهاد بكل سجل عن طريق معرِّف فريد يشير إلى موقع على شبكة الإنترنت، يمكن تنزيل الكود المصدري منه. تتضمن مُدخلات السجل وصفاً للكود، ومؤلفيه، وبعض البحوث التي ظهر فيها. كما نستضيف أيضًا بعض الأكواد المصدرية. لقد زار الموقع أكثر من 100,000 زائر في عام 2014، ويوفر الموقع وسيلة للدوريات العلمية للإشارة إلى سجل برمجي، وتم الاستشهاد بالموقع أكثر من 500 مرة منذ عام 2012، وفقًا لبيانات خدمة مستخلصات نظام بيانات الفيزياء الفلكية التابعة لوكالة "ناسا".

كيف تتم إضافة سجلات جديدة إلى المكتبة؟

فيما يتعلق بأغلب السجلات.. أقوم أنا وكيم بالبحث خلال الأوراق البحثية ـ على وجه التحديد ـ للعثور على أكواد لتسجيلها، ثم نتواصل مع المؤلفين بالبريد الإلكتروني. نعلم أن المبرمجين لن يفكروا بالضرورة في تسجل أكوادهم ضمن مكتبة ASCL، ولكن منذ إعادة تصميم الموقع في عام 2014، يأتي حوالي 40% من السجلات المُدرجة على الموقع من علماء تَقَدَّموا بطلباتهم بأنفسهم، ونقوم بالتحقق منها بأنفسنا بعد ذلك. نحن لا ننظر إلى نوعية الكود، ولكننا نشترط أن يلبي معاييرنا، مثل أن يكون مُستخدمًا في البحوث، ومتاحًا للتنزيل الفوري من الإنترنت.

إذا تلف أحد الروابط المؤدية إلى كود ما، فإننا نتعقب الموقع الجديد له. ولا يوجد داع لقلق الدوريات حول قِدَم الإشارات إلى مواقع الأكواد، فالروابط إليها ستبقى صالحة، لأنها تشير إلى مكتبة ASCL.

كيف يتم تمويل المشروع؟

المشروع في معظمه غير مموّل. وقد تلقَّينا في الماضي بضعة آلاف من الدولارات؛ لتغطية أمور معينة ـ مثل تقديم عروض عن المشروع في المؤتمرات، وتكاليف إنتاج الملصقات اللازمة لذلك ـ من منظمات بعينها، مثل الجمعية الفلكية الأمريكية، ومعهد هايدلبيرج للدراسات النظرية في ألمانيا. وفي بعض الأحيان، يتم تمويل سفري للمؤتمرات، ولكن في كثير من الأحيان لا يتم ذلك. والهدف البعيد من ذلك هو جعل مكتبة ASCL مستقرة ماليًّا، رغم أن جزءًا كبيرًا منها سيبقى معتمِدًا على العمل التطوعي.

هل التخصصات العلمية الأخرى لديها مكتبات كود مشابهة؟

هناك الكثير من سجلات ومستودعات الأكواد على الإنترنت، ولكنها لا تختص عادةً بعلم بعينه. ويؤشر موقعنا للأكواد المفيدة بشكل خاص في علم الفلك، والفيزياء الفلكية. وليس هناك موقع موحَّد للأكواد لكل العلوم، وربما ينبغي أن يوجد مثل هذا الموقع.

اتصل بي أناس كثيرون يطلبون إنشاء خدمة مماثلة للفيزياء. ولذا.. فمنذ ديسمبر الماضي، بدأنا توفير نُسَخ من البِنْيَة التحتية لمكتبة ASCL ـ التي تستخدم برمجيات مفتوحة المصدر ـ لأي فرع من فروع المعرفة يودّ إنشاء سجل أكواد خاص به. ومن الأمثلة على ذلك: موقع (www.scicodes.net). وجامعة ميشيجان التقنية مستعدة لاستضافة غيره من سجلات أكواد العلوم لمدة ثلاث سنوات، إذا كان الناس يرغبون في ذلك. ولم يقبل أحد منا هذا العرض حتى الآن، ولكننا نرحب بهم لتجربته. ■

بقلم: جيفري بيركيل

تم تحرير هذه المقابلة لغرض الوضوح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

عمود الحصول على الموافقة الجماعية من الباحثين المشارِكين أمر حيوي في كتابة الأبحاث **ص. 83**

عمل ميداني مستكشفو الكهوف، والغطّاسون، والمتسلّقون يأخذون عِلْمهم إلى أماكن مدهشة **ص. 85**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**

ADAPTED FROM TOMACCO/GETTY

علم نفس

هل ترى نفسك محتالًا؟

ينبغي على معظم العلماء أن يتعلموا كيفية التعامل مع الوحش الماكر الذي يتربص بهم، عندما تتعرض أعمالهم للرفض بشكل روتيني، وهو متلازمة المحتال.

كريس وولستون

يَصطدِم كل عالِم في بداية حياته المهنية بحجر عثرة في طريقه، مثل حصوله على تقدير منخفض في امتحان ما، أو درجة غير جيدة في طلب منحة تَقَدَّم لها، أو المرة الأولى التي رَفضت فيها إحدى الدوريات نشر ورقة بحثية له، ولكن في حالة كثير من هؤلاء العلماء، نجد أن تلك المسائل المعتادة في مجال العلوم تتحول إلى شيء أكثر قتامة وتوحشًا، حيث يداهم هؤلاء العلماء شعور مخيف بعدم الكفاءة المهنية؛ يدفعهم إلى الشك في مكانتهم في المجال، بصرف النظر عن مجالات دراساتهم، أو درجة تميزهم.

في سبعينات القرن العشرين، استحدث اثنان من علماء النفس الأمريكيين تعبيرًا اصطلاحيًّا يشير إلى ذلك النوع من الشك في النفس، حيث صادفَا ذلك الشعور من خلال ممارساتهما الإكلينيكية، وأطلقا عليه اسم «ظاهرة المحتال»، وتُعرف هذه الظاهرة حاليًّا على نطاق شائع باسم «متلازمة المحتال». وهي حالة يمكن أن تظهر أعراضها في كثير من المهن والوظائف، بدءًا من أصحاب الوظائف المكتبية، ومرورًا بالفنانين، ووصولًا إلى الرياضيين، حسب قول فريدريك أنسيل، عالِم النفس في جامعة جنت في بلجيكا. ويضيف أنسيل قائلًا إن العلماء بخاصة يكونون سريعي التأثر بشكل رئيس، لأنهم يعملون في مجال يركز على فكرة البطولة، ويُعامل أصحاب الإنجازات الكبرى فيه كما لو كانوا من نجوم الرياضة، في حين يُترك الآخرون ليتساءلوا في صمت عما إذا كانوا علماء من الدرجة الثانية، أو ربما أقل. ويضيف أنسيل: «يعتقد الشباب أنه لا يوجد شخص آخر يتعرض لهذه المشاعر».

يجب أن يتعلم الباحثون الذين يصارعون تلك الأعراض كيف يقنِّنون شعورهم بعدم الكفاءة، وكيف يطورون رؤية أكثر واقعية لقدراتهم وقيمتهم، حسب قول أنسيل. وعند التعامل مع مهنة تسود فيها حالات الفشل والإخفاق، سواء في مجال الحصول على المنح والوظائف، أو في نشر الأبحاث، فإن الفشل الحقيقي يكمن في التخلي عن مهنة واعدة، بدون ضرورة.

نجاحات غير سعيدة

في عام 2014، قام أنسيل وزملاؤه بإلقاء نظرة عن كثب على «متلازمة المحتال» في دراسة أُجريت على أكثر من 200 عامل بلجيكي في المجالات المالية، والتعليم، وإدارة الموارد البشرية. ووجد الفريق أن العمال الذين تطابقت مشاعرهم مع أعراض المتلازمة كانوا يسجلون درجات أعلى في مقاييس الاضطرابات العصبية، والرغبة المفرطة في توخِّي الكمال في اختبارات الشخصية (J. Vergauwe *et al*. *J. Bus. Psychol.* **30**, 565–581; 2015). كما لم يكن هؤلاء الأشخاص سعداء بوظائفهم مثل زملائهم الذين لم يعانوا من تلك الأعراض، رغم أن بعض من ابتُلُوا بتلك المتلازمة قد رُقُّوا إلى المراتب الأعلى في وظائفهم.

يرى أنسيل أن أعماله الأخرى ـ التي تتضمن دراسات جارية لمسائل متعلقة بالصحة النفسية للباحثين الصغار ـ تمنحه الثقة في أن اكتشافاته بشأن متلازمة المحتال في دنيا الوظائف المكتبية تنطبق على مجال العلوم أيضًا. ويقول إنه من السهل أن نرى العلماء الناجحين وهم يشعرون بأنهم من المقصِّرين ومن أصحاب الأداء السيئ. ويضيف قائلًا إن العلماء عادة ما يقلِّلون من قيمة إنجازاتهم، إذ «ربما تتمكن من نشر ورقة بحثية في دورية ‹وقائع الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم› *PNAS*، وتُحَدِّث نفسك بأنه أمر سهل، ولكني لن أستطيع مطلقًا أن أنشر ورقة بحثية في دورية *Nature*، أو ساينس». وبالمثل، فإنه ينظر إلى أي منحة على أنها أكبر من منحته، وأي وظيفة على أنها أفضل من وظيفته، وأي ورقة بحثية على أنها يمكن أن تحصل على قدر أكبر من الاستشهادات من ورقته البحثية. ويعلِّق أنسيل على ذلك بقوله: «أنت هكذا تعِدّ نفسك للفشل بطريقة أو بأخرى».

تنتشر متلازمة المحتال عبر النطاق الأكاديمي ككل، بما في ذلك المؤسسات البحثية الكبرى. وقد رأى جوش درو ـ وهو عالِم متخصص في البيئة التطورية بجامعة كولومبيا في نيويورك سيتي ـ أن طلاب الماجستير والدكتوراة يصارعون شعور الشك في النفس في أرقى الكليات والجامعات المرموقة، فبرغم أن جميع هؤلاء الطلاب تمكنوا من اجتياز معايير قبول صعبة، إلا أن ذلك لم يكن كافيًا لتعزيز ثقتهم بأنفسهم وبقدراتهم. وبالنسبة إلى كثيرين منهم، كانت قاعات الدراسة في الجامعة تمثل لهم أول خطوة في خبرتهم التعليمية، التي لم يشعروا فيها بأنهم الأكثر ذكاءً وتميزًا في قاعة الدرس. ويضيف درو في هذا الصدد: «كانوا جميعًا من الطلاب المتميزين في مرحلة الدراسة الجامعية. أمّا هنا.. فكونك الأول على دُفْعتك، فهذا أمر عادي».

وفي مجال يتسم بالتنافس الشديد، يمكن لذلك الشعور بالشك في النفس أن يكون مدمرًا لمشوارك الوظيفي، لأنه يدفعك إلى استبعاد أي إمكانية للتطلع إلى الحصول على فرص مهمة، رغم امتلاكك القدرة على المنافسة. ويقول درو في هذا الصدد: «رأيت طلابًا كثيرين يحبطون أنفسهم، ولم ◄

يتقدموا للحصول على المنح والجوائز التي كان بإمكانهم المنافسة عليها». بدأ درو يتناول الأعراض في أحد المقررات التمهيدية لطلاب كلية الدراسات العليا. وقد أثارت المناقشات المطروحة بعض الضجة، ثم سرعان ما قام درو بتطوير عرض تقديمي؛ لطرحه على الأقسام الأخرى في جامعة كولومبيا، وخارجها. (انظر: «مساعدة المصابين بمتلازمة المحتال»). ومن الواضح أن درو قد طرق وترًا حساسًا، حيث يقول: «كلما طرحتُ نِقاشًا.. يقول الناس: ‹كنت أعتقد أنني الشخص الوحيد الذي يعاني من تلك المشاعر›».

حالة أبديّة

يبث درو الطمأنينة في نفوس الأشخاص الذين يشعرون بأنهم محتالون، حيث يبين لهم أن الكثير من الرفقاء المرموقين يشاركونهم تلك المعاناة. فبعد عامين من قيام تشارلز داروين بنشر كتابه المعروف «أصل الأنواع» في عام 1859، تذمّر العالِم الكبير من أن «المرء يعيش فقط لكي يرتكب الأخطاء». وبينما كان جون شتاينبك منكبًّا على تأليف روايته المشهورة «عناقيد الغضب»، المنشورة في عام 1939، كتب قائلًا: «يداهمني شعور بالجهل والعجز، ويبدو لي أحيانًا أنني أقوم بقدر قليل من العمل الجيد، ولكنه عندما يكتمل؛ فلن يرقى عن كونه عملًا متوسط المستوى».

وأثناء إعداد درو لمحاضرته، طلب بعض «التغريدات» عبر شركة «تويتر» من العلماء الذين كانوا يناضلون من أجل التغلب على تلك الأعراض، مع اختلاف درجات نجاحهم في تحقيق ذلك، حيث كتب أحد هؤلاء المشاركين «تغريدة» ـ وهو أستاذ مساعد في علم الأحياء ـ قائلًا: «لقد مَثَّل هذا الشعور حجر عثرة في مسار حياتي المهنية منذ اليوم الأول». وغَرَّد عالِم آخر، هو موزيس ميلازو، المتخصص في علم الكواكب بمركز علوم الجيولوجيا الفلكية في فلاجستاف بولاية أريزونا، قائلًا: «بسبب إصابتي بمتلازمة المحتال، قررتُ ألا أسعى وراء الفرص، كما أنني دائمًا لا أكون مستعدًا على الإطلاق لنشر أوراقي البحثية .. إلخ».

ويَعتقد ميلازو أن متلازمة المحتال تنتشر على نطاق عالمي تقريبًا ما بين العلماء، أو على الأقل ما بين هؤلاء الأشخاص الذين لديهم وعي ذاتي يكفي لإدراك أن عِلْمهم لا يشمل كل شيء. وبرغم ذلك.. يقول إنه تعرَّض بالتحديد لآثار قاسية لتلك الأعراض، وهو يَنسِب بعضًا من شعوره بالقلق إلى نشأته.



عالِم البيئة جوش درو يقوم بتحميل عينات من السَّمَك المرجاني في صهريج يمتلئ بالنيتروجين السائل في ناجيجي في جُزُر فيجي.

JOSH DREW

الدعم الاجتماعي

مساعدة المصابين بمتلازمة المحتال

يقدم جوش درو ـ عالِم البيئة التطورية بجامعة كولومبيا في نيويورك سيتي ـ برنامجًا حواريًّا بعنوان «محاربة متلازمة المحتال»، يطرح فيه استراتيجيات معروفة ومجرَّبة للتعامل مع تلك الحالة. وبصفة أساسية.. يحث درو الباحثين على دعم أنفسهم، وذلك يعني تجنُّب ألفاظ مثل «فحسب»، و«فقط» عند وصفهم لما ينجزونه من أعمال، وعدم الاعتذار باستمرار عن كل خطأ قد يرتكبونه، سواء أكان حقيقيًّا، أم متخيَّلًا.

ويقول إنّ تقديم الدعم الفعلي إلى شخص آخر تشعر بأن الشك يدمر نفسيته هو وسيلة سريعة وفعّالة لتحسين شعورك الشخصي بالانتماء، فمن أجل أن تستعيد ثقتك بنفسك فعلًا، انتشل معك شخصًا آخَر من أعماق مشاعر الشك.

يقول درو إنّ أفراد الجماعات الذين يحظون بتمثيل ضعيف في مجال العلوم غالبًا ما يستفيدون من التواصل مع الآخرين، والعثور على جماعة ينتمون إليها. ويرى البعض أن متابعة منشورات ما في «تويتر»، مثل «#BLACKandSTEM»، أو «#womenandSTEM» يمكن ببساطة أن يكون وسيلة لبث الطمأنينة في أنفسهم بأنهم ينتمون فعلًا إلى دنيا العلوم.

فماذا عن رسالته؟ تتلخَّص الرسالة في الكلمات التالية: «أنت لم تأت إلى هنا لمجرد أنك كتبت اسمك هنا، بل أنت هنا لأنك إضافة كبيرة إلى القسم الذي تنتمي إليه». **كريس وولستون**

فقد ترعرع ميلازو في منزل من الطوب اللبن، يقع خارج نطاق التغطية الكهربائية، على حدود محمية «نافاجو نيشن» في شمال أريزونا، مما أسهم لاحقًا في إحساسه «بعدم الانتماء..» في ظل مجتمع الجامعة الحاشد. فلم يستطع أغلب معلميه ومشرفيه وأقرانه أن يجدوا ما يربطهم بتلك الحياة الصحراوية القاحلة في منزل لم تتوفر فيه الكهرباء بصفة مستمرة، ويكاد ينعدم تواصل قاطنيه مع العالم الخارجي.

ويقول ميلازو عن البرنامج التليفزيوني الشهير في ثمانينات القرن الماضي «كوزموس»: «لم أكن حتى أعرف ماذا كان «كوزموس» يعني، حتى التحقت بكلية الدراسات العليا». كذلك مَنَحَته الحياة في قلب الصحراء الشاسعة في أريزونا ألفة وصلة حميمة بالسماء في ظلام الليل، فأثناء المسافات الطويلة التي كان يقطعها على قدميه على امتداد طريق موحل، حتى يصل إلى محطة الحافلات الخاصة بالمدرسة، كان عادة ما يهتدي بضوء نجوم مجرة درب التبانة في السماء.

يقول ميلازو إنه قد سمع مصطلح «متلازمة المحتال» للمرة الأولى في مرحلة مبكرة من سنوات دراسته في كلية الدراسات العليا بجامعة أريزونا في توسون، وسرعان ما تعرَّف على المتلازمة، ويضيف قائلًا: «إطلاق اسم على تلك المتلازمة جعل أناسًا آخرين يشعرون بها»، ولكن معرفة أنه لم يكن بمفرده في تلك المعاناة لم يجنِّبه الوقوع في تلك المصيدة، حيث قرر ميلازو ألا يتقدم بطلب للحصول على منحة من وكالة «ناسا» للأبحاث الخاصة بالأقمار الصناعية، وذلك بسبب خوفه من أن يؤدي ذلك إلى الكشف عن جهله العلمي. ويقول في هذا الصدد: «حذفت اسمي من التقدم لطلب المنحة، لأنه كان سيصبح واضحًا للجميع أنني لست على دراية بما تقدمت له». وقد اتضح فيما بعد أن إحدى الخطط البحثية التي قُدمت وأصابت نجاحًا كانت مشابهة جدًّا لفكرته. ويعبِّر ميلازو الآن عن حسرته بقوله: «لو كنتُ قد واصلت المشوار، فربما كان بمقدوري المنافسة».

وحتى بعد نجاح ميلازو في تقديم المساعدة للحصول على منحة من وكالة «ناسا» لتطوير مقرر للمدارس المتوسطة، يكون مبنيًّا على استكشاف الوكالة للنظام الشمسي، لا يزال ميلازو يناضل لإقناع نفسه بأنه ينتمي إلى مجال العلوم، إذ يقول: «بذلنا كثيرًا من الجهد في تلك الخطة البحثية، ولكنني لم أكن واثقًا تمام الثقة من أنها سوف تحظى بالتمويل».

يقول مات فون هيبل ـ أحد الباحثين بمعهد بريميتر للفيزياء النظرية في ووترلو بكندا ـ إنه أيضًا يشعر بأنه يعاني من متلازمة المحتال بين الحين والآخر، ولكن لديه استراتيجية تساعده على أن يشق طريقه، ويتغلب على تلك الأعراض، فبدلًا من أن يضيع الوقت في محاولة التكهن بأسماء الأشخاص الذين قبلوا أوراقه في كلية الدراسات العليا، والذين منحوه درجة الدكتوراة، قرر أن يتبع أحكامهم وقراراتهم.

ويضيف هيبل في هذا السياق: «يمكنك الثقة في أن النظام قد وضعك بشكل غامض في الوظيفة المناسبة. فإذا دُعيت إلى إلقاء حديث.. كان ذلك مؤشرًا على أنك مؤهَّل لإلقاء ذلك الحديث». وفي أواخر العام الماضي، كُلف هيبل بتقديم حديث عن الأساليب الرياضية في فيزياء الجسيمات بجامعة ولاية أوريجون في كورفاليس. وقد كانت تلك بمثابة فرصة رائعة، جاءت في مرحلة مبكرة من مساره الوظيفي بشكل يسبق ما كان يتوقعه، ومع ذلك.. فقد فكَّر في الرفض. وفي نهاية الأمر، اختار هيبل التمسك بتلك الاستراتيجية: «قررتُ أن أقول نعم، وأن أنظر كيف ستمضي الأمور». ويرى هيبل الآن أن الحديث الذي ألقاه كان ناجحًا.

مواجهة الصعوبات

عانت عالمة الأحياء فيكتوريا ميتكالف في أوقات كثيرة من الشك في نفسها، والتكهن بخياراتها الوظيفية، ثم جاءت الطامة الكبرى في أوائل عام 2000، أثناء دراستها للحصول على الدكتوراة في نيوزيلندا، عندما حاصر مراسلو الأخبار بالتليفزيون مختبرها، وهدَّدت إحدى السلطات التنظيمية بإلقائها ومشرفيها في غياهب السجن. فقد كان مختبرها يحتوي على جينات مستنسَخة من سحلية توتارا *Sphenodon punctatus*، وهي من الزواحف التي تحظى باعتزاز وتقدير كبيرين من أهالي نيوزيلندا، ولكن ميتكالف لم تكن تملك التصاريح المطلوبة، التي صارت الزامية بأثر رجعي بمقتضى قانون جديد صدر في تلك الفترة. وفي نهاية الأمر، أوقفت السلطات تهديداتها، لكن أبحاث ميتكالف توقفت لمدة ستة أشهر، بينما كانت تحاول الحصول على التصاريح المطلوبة. وتقول في هذا الشأن: «كانت تلك الأوقات ـ في واقع الأمر ـ بمثابة تدمير لحالتي النفسية. وكان لذلك الأمر بالغ الأثر على مدى إدراكي لقيمتي في النطاق الأكاديمي».

اعتاد العلماء قياس الأمور بتفاصيلها الدقيقة في مجالات عملهم، ولكنهم من الممكن أن يجدوا صعوبة في تقدير القيمة الحقيقية لأنفسهم. ويعتقد أنسيل أن ثقة كثير من الباحثين بأنفسهم يمكن أن تزداد، لو اقتنعوا بحتمية الفشل،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وأنه لا مفر منه. ومن ثم، سوف يتمكنون من مواصلة صياغة طلبات المنح، وتقديم الأوراق البحثية، والتقدم بطلبات عمل إلى الجهات المختلفة. ويضيف أنسيل: «عندما يتلقَّى أحد طلابي أو طالباتي خطابًا يفيد رفض عمل ما، أعرض عليه ـ أو عليها ـ خمسة أو عشرة خطابات من النوعية نفسها قد تلقَّيتها بنفسي. إنّ النطاق الأكاديمي يجب أن يصبح أكثر انفتاحًا على قصص الفشل».

ويُذكِّر درو الباحثين الصغار بأنه حتى رؤساء الأقسام التي ينتمون إليها، وهم العلماء الذين يبدو جليًّا أنهم قد حققوا أعلى مراتب النجاح، لا يحصلون دائمًا على تمويل لِمنَحهم البحثية، كما لا يقبل الناشرون أوراقهم البحثية على الدوام. ويقول إنه سوف يكون من المفيد جدًّا لو قام كل شخص بنشر «سيرته الذاتية المستترة» التي تتضمن جميع حالات الرفض التي قوبل بها، جنبًا إلى جنب مع سيرته الذاتية المعتادة التي تسرد ما حقَّقه من نجاحات.

يمكن أيضًا للباحثين المساعدة في تخفيف معاناتهم الشخصية، من خلال بذْل جهد كبير في محاولة التوقف عن مقارنة أنفسهم بزملائهم في المختبر أو القسم، حيث يقول أنسيل: «المقارنات لن تجعلك سعيدًا، ولذا.. اجْتَنِبْها»، وعوضًا عن ذلك.. يجب على الباحثين أن يضعوا معاييرهم الشخصية للإنجاز، ثم يبذلون ما في وسعهم لتحقيق تلك المعايير.

وقد نجحت ميتكالف ـ بدرجة كبيرة ـ في كسب معركتها، وقَهْر شعورها بعدم الكفاءة، رغم أن مسيرتها المهنية شهدت العديد من لحظات النجاح والفشل. فبعد أن حصلت على درجة الدكتوراة، عملت ميتكالف في وظيفة من وظائف باحثي ما بعد الدكتوراة في الولايات المتحدة، ثم استقالت من تلك الوظيفة بعد مرور ستة أشهر فحسب، مما أدى إلى تأجج شعورها من جديد بدرجة أكبر بأعراض «متلازمة المحتال». وتقول عن ذلك: «تَرَاجَع شعوري بقيمة ذاتي كثيرًا»، ولكنها تمكَّنَتْ من التغلب على ذلك الشعور، وسرعان ما عثرت على وظيفة أخرى، ثم واصلت مسيرتها، حتى وجدت نفسها في وظيفة ناجحة، تتضمن العديد من الرحلات البحثية إلى مناطق القطب الجنوبي، إلى جانب وظيفة مرموقة في سلك أعضاء هيئة التدريس بجامعة لينكولن في كرايستشيرش بنيوزيلندا.

مع ذلك.. لم تنته مشكلات ميتكالف عند ذلك الحد، حيث إنه في عام 2011 فقدت وظيفتها في الجامعة، بعد أن ضرب زلزال المدينة، ودمَّر معظم أجزائها. وبدلًا من أن تَعتبِر ميتكالف تلك الكارثة بمثابة علامة على أنه يجب عليها الانسحاب من مجال العلوم تمامًا، غَيَّرت مجالها من نطاق الأبحاث إلى تقديم المساعدة والخدمات. وتشغل ميتكالف حاليًّا منصب المنسق الوطني «لمنصة العلوم المشاركة»، وهو برنامج حكومي نيوزيلندي، يسهم في دعم مشروعات التعاون البحثي بين العلماء والمجتمعات المحلية. وتقول ميتكالف: «كل مَن يعرفني يعلم جيدًا أنني خُلقت لهذه الوظيفة».

تقوم ميتكالف بالعديد من المهام، التي من بينها حيازتها العديد من الفرص، للتحدث إلى الشباب من أصحاب الخلفيات المختلفة، والطموح، والتطلعات الوظيفية المتباينة. وقد لاحظت ميتكالف أن كثيرًا من هؤلاء الشباب يمرون بالفعل بأعراض «متلازمة المحتال»، وذلك مَنَحَها فرصة رائعة للقيام بدور القوة الملهمة من خلال التجربة والخبرة، وتقول عن ذلك: «يتردد صدى حكاياتي في أذني من جديد. لقد خُضْتُ معاركي الخاصة، وما عليكم إلا أن تواصلوا النضال». ■

كريس وولستون كاتب حر من بيلينجز بولاية مونتانا.

ANDY BAKER/GETTY

عمود

حرفة كتابة الأوراق البحثية

إن الحصول على الموافقة الجماعية من الباحثين المشارِكين أمر حيوي في كتابة الأبحاث، حسب قول **دميتري بادكر**، و**ديريك جاكسون كيمبول**.

إن معظم مخطوطات البحوث العلمية في أي مكان اليوم يتراوح عدد الباحثين المشاركين فيها ما بين اثنين حتى عدة آلاف؛ فالإسهامات الضخمة ـ التي يمكن تعريفها بشكل عام بأنها تشمل أكثر من عشرين عضوًا ـ تؤسِّس عادة منهجيات لضبط كتابة المخطوطات، ولكن المجموعات الأقل عددًا غالبًا ما تقوم بتطوير قواعد الكتابة بطريقة مخصصة. ونتيجة لذلك.. فقد رأينا وشاركنا في عدد لا يُحصى من الإسهامات الصغيرة التي تعاني من هذه القضايا الأساسية، مثل تحرير مخطوطاتهم، واتخاذ القرارات فيما يتعلق بكتابة قائمة الباحثين. وفي هذا المقال نقدم بعض القواعد العامة لمجموعات العمل الصغيرة حول أفضل الطرق لكتابة مخطوطات علمية بطريقة احترافية.

لا تَتَّبع عملية كتابة ورقة بحثية منهجًا معينًا بالضرورة، بيد أننا تَعَلَّمنا بعضًا من القواعد المفيدة والإرشادات من خبرتنا الشخصية، ومن تجارب الآخرين، التي من شأنها أن تساعد في تجنب الكثير من هذه العقبات، وتسهم في إنتاج نص واضح، وسلس القراءة، يجذب انتباه القارئ إلى محتواه. ومن وجهة النظر العملية، مِن المهم كتابة قواعد راسخة واتباعها بشأن تحديد قائمة الباحثين، وإعداد المسودات، وكذلك تنفيذ عملية التحرير والمراجعة. ومن الضروري ـ بصفة خاصة ـ المحافظة على وجود تواصل بين المشاركين، وضمان أن جميعهم على دراية بالتغييرات التي تتم في المخطوطة. ومِن المفيد ـ بشكل عام ـ أن تتذكر أنه في نهاية الأمر يجب على ورقتك البحثية أن تحكي قصة مؤثرة، تُعتبر الناتج الأساسي والملموس للعمل الجماعي.

اتخاذ القرارات السليمة في الكتابة

منذ اللحظة التي يتوافق فيها المشاركون على قواعد راسخة في العمل، وعلى الأسئلة الخاصة بعملية تأليف البحث (انظر: «تحديد الأولويات»)، يتحتم عليهم فورًا الاتفاق على «الباحث المُنظِّم»، وهو عضو الفريق الأكثر دراية بتفاصيل المشروع الذي يملك المنظور الأكثر عمقًا واتساعًا له. ◄

وعضو الفريق المذكور يحتفظ بالمخطوطة الرئيسة للمشروع، ويدمج مدخلات كل باحث مشارك في الفريق.

ويُعتبر النهج الأكثر فعالية هو أن يقوم شخص واحد بدور الباحث المُنظِّم، من بداية تدشين المشروع، حتى نشْر الورقة البحثية، وغالبًا ما تكون هناك عدة مراحل تحريرية، تمرّ بها المخطوطة، وعادة ما تُثار النقاط نفسها في المراحل المختلفة؛ فعندما يكون هناك شخص واحد مسؤول عن المخطوطة طوال فترة تأليفها، فإنه من اليسير على أعضاء الفريق استحضار الأسباب وراء قرارات التعديل التي تمت في حالة تكرار حدوثها. ووجود باحث مُنظِّم واحد يفيد أيضًا في الحصول على ورقة بحثية مترابطة الأفكار.

رغم ذلك.. فإن الحياة معقدة، ومن المحتمل ألا يتمكن شخص واحد من الإشراف على المشروع بالكامل. وفي حالة تَنَحِّي الباحث المُنظِّم عن موقعه، فإن على الفريق الاتفاق بالإجماع بوضوح تام على تعيين بديل له، ويجب أن تكون المخطوطة الرئيسة للمشروع في حيازة هذا الشخص فحسب طوال فترة المشروع.

نحن دائمًا ما ننصح مجموعات المختبرات لدينا والمساهمين في المؤلفات البحثية بالبدء في عملية الكتابة قبل اكتمال المشروع البحثي؛ حيث تبدأ الورقة البحثية عادةً بشرح الدافع وراء المشروع، واستعراض الأوراق البحثية السابقة ذات الصلة بالموضوع، وإلا.. فما هو أفضل توقيت لتلك المقدمات، إنْ لم يكن قبل الانغماس في الدراسة البحثية نفسها؟ إنّ القيام بذلك في مرحلة مبكرة يعزِّز من التخطيط للمسار المنطقي للورقة البحثية، ويوفر دليلًا للاسترشاد به في البحث نفسه؛ فعندما يتم إعداد استعراض الأبحاث السابقة ذات الصلة مبكرًا، فإنه من السهل التنبؤ ـ على سبيل المثال ـ بالأمور التي تحتاج إلى قياسها، بغرض المفاضلة بين البدائل الممكنة لتفسير البيانات. ومن المفيد أيضًا رسم خطوط عريضة لكتابة المشروع بأكمله مبكرًا، ويجب على الباحث المُنظِّم كتابتها ومناقشتها مع الفريق، والوصول إلى إجماع حولها.

يعزِّز هذا الإطار من بلورة أهداف المشروع، ويدفع مجموعة العمل لطرح الأسئلة العلمية المحورية في مستهل العمل، مما يساعد على تركيز جهود العمل في المكان الصحيح، حيث إننا في أكثر من مرة أتممنا دراسة مشروع ما، ثم أعدنا ضبط جهاز التجارب، وأخضعناه لفحوص جديدة؛ لنكتشف أننا أثناء كتابة المشروع قد أهملنا تفاصيل تحتاج إلى جمع بيانات أكثر؛ بينما وضع الخطوط العريضة من البداية يساعد على تفادي هذا الخطأ.

في بعض الحالات، ثمة نتيجة طيبة يمكن الحصول عليها، إذا تم وضع المسودات الأولى لفصول المخطوطات المختلفة بواسطة أعضاء مختلفين من الفريق، وذلك بناء على نقاط قوة كل عضو منهم؛ فعلى سبيل المثال.. المتخصص في النظريات يمكنه وضْع فصل عن الحسابات، والمتخصص في التجارب العملية يمكنه كتابة فصل عن القياسات. وإذا اتَّبع مشروعك الجماعي هذا النموذج، فعلى الباحث المُنظِّم أن يكون هو الشخص المنوط بدمج الفصول المختلفة؛ لتقديم قصة مترابطة ومتسقة.

التواصل، والإجماع

إن اتخاذ قرار إضافة محتوى قائم في النسخة الرئيسة من المخطوطة، أو إلغائه، أو تغييره، يتطلب وجود تواصل دائم بين الباحث المُنظِّم من جهة، وكل باحث مشارِك من جهة أخرى. وحين يراجع الباحث المُنظِّم النسخة الرئيسة من المخطوطة، يتوجب عليه ـ أو عليها ـ إرسال النسخة الجديدة المُعدّلة إلى كل باحث مشارك، مع شرح أسباب هذه التعديلات. ولا تُسنَد مهمة تحرير وتعديل النسخة الرئيسة إلا إلى الباحث المُنظِّم فقط، أمّا الباحثون المشاركون، فعليهم إرسال مقترحاتهم وتصحيحاتهم، أو إضافة بعض أجزاء إلى النص الأصلي، عن طريق إرسالها إلى الباحث المُنظِّم.

على هذا المنوال نفسه، على الباحث المُنظِّم إقرار تلك المدخلات التي قدّمها الباحثون المشاركون. ولا يعني ذلك بالضرورة تضمينها في النسخة النهائية. ومن الناحية المثالية، عليه أن يفسح المجال لمناقشة كل المدخلات؛ من أجل التوصل إلى اتفاق. ومن وجهة نظر الباحثين المشاركين، فإنه لأَمْر محبط للغاية أن يقرأ مسودة مُحدّثة من المخطوطة الأصلية، ليجد المشكلات ذاتها، التي أشار إليها مسبقًا. وهي حالة رأيناها تتكرر كثيرًا. وحين يَسأل الباحث المشارك: لماذا لم يتم تناول مشكلة ما، أو معالجتها؟، فعادة ما يجيب الباحث المُنظِّم بأنه غير موافق على المقترحات المقدَّمة، أو أنه لم يجد الطريقة المناسبة لتغيير النص الأصلي، وتلك تحديدًا هي الأسباب الداعية إلى طرح النِّقاش.

على كل المشاركين الموافقة على المُسودة الأولى، وجميع المسودات التالية لها. وقد شاركنا معًا في كتابة أوراق بحثية خضعت لمراحل من المراجعة الدقيقة، وهي عملية تحتاج الكثير من الصبر، والعمل المتأني المستمر، والممتد إلى فترة طويلة. وفي بعض الإسهامات التي اشتركنا فيها، قام الباحثون المُنظِّمون بتيسير ودَمْج التعديلات المقدَّمة من الباحثين المشاركين، بدون مشاركة النسخة النهائية من المخطوطة مع باقي أعضاء الفريق.

وللباحثين المشاركين الحق في التوقُّع والمطالبة بأن يقوم الباحث المُنظِّم باتباع القواعد الأساسية المتفَق عليها خلال فترة التعاون بينهم، فإذا اكتشفوا أي انتهاك لهذه القواعد بعد تقديم أو نشر العمل، فقد يكون ردّ فعلهم هو قَطْع علاقتهم بهذا التعاون، مما يسفر عن نتائج كارثية، كان من الممكن تجنُّبها.

في كل الأحوال، لو تم تعيينك باحثًا مُنظِّمًا، فعليك أن تدمج الباحثين المشاركين بصورة مستمرة معك في كل مراحل العمل؛ لأنّ استبعادهم يخلق الكثير من الضغينة، كما يؤدي إلى انتهاك أخلاقيات المهن العلمية. ويتعيَّن على كل فرد من

تحديد الأولويات

المعضلة الشائكة في وضع قائمة الباحثين

مَن يجب أن يكون الباحث المشارك في الورقة البحثية؟ هنا نطرح سؤالين: أولًا، «هل قام الباحث بإسهام ذي قيمة في العمل؟»؛ وثانيًا، «هل استوعب الباحث العمل كله بدرجة تكفي ليشرحه، ويدافع عنه أمام زملائه؟». وأنْ يصبح أحدهم باحثًا مشاركًا في ورقة بحثية، لهُوَ التزام خطير.. فسُمعة هذا الشخص العلمية ترتبط بشكل حتمي مع مصداقية هذا العمل. وقد اتضحت لنا أهمية أن تدمج الأفراد بصورة منطقية.. فعادةً الأشخاص الذين يشعرون بأنهم غير قادرين على الارتقاء إلى مستوى المشاركة في البحث سوف يعفون أنفسهم من الانضمام إلى هذه القائمة. كما أن استبعاد أحد الباحثين الذين يشعرون بأنهم يستحقون بالفعل أن يكونوا على قائمة الباحثين المشاركين، هو أمر أكثر ضررًا على مشروع التعاون مِن أن يتم تضمين شخص له إسهام هامشي في البحث؛ فهذا الإقصاء قد يخلق ضغينة، وينتهك أخلاقيات المهن العلمية.

إنّ ترتيب أسماء المشاركين في إصدار علمي تعاوني غالبًا ما يكون مصدرًا للنزاع داخل المجموعة، لا سيما أن المجتمعات العلمية المختلفة لديها قواعد متباينة، وغالبًا ما تكون أعرافًا غير مكتوبة. فعلى سبيل المثال.. مجتمع فيزياء الطاقة العالية يميل إلى الالتزام بترتيب أبجدي صارم للباحثين، بينما في مجتمع الفيزياء الذرية، نجد أن الطلبة ودارسي ما بعد الدكتوراة الذين يُعتبرون بمثابة نواة مشروع ما، عادة ما تُدَوَّن أسماؤهم في أول القائمة، ثم تأتي بعدهم أسماء الباحثين الرئيسين.

فَكِّرْ أولًا في ترتيب أسماء الباحثين.. وما الذي ستفعله في حالة وجود أكثر من طالب، أو في حالة وجود طالب ودارس ما بعد الدكتوراة، تعاوَنا في البحث بالدرجة نفسها؟ وماذا ستفعل إذا كان المشروع القائم هو تعاون بين أكثر من مختبَر؟ أيٌّ من هذه المختبرات سيُكتب اسمه أولًا؟ وهل يجب أن يتم تضمين أسماء الباحثين تحت اسم المختبر التابعين له؟ أم يجب اتباع معيار آخر؟

إن التوصيف الواضح لدور كل باحث في العمل من الممكن أن يجعل مناقشة ترتيب الباحثين أقل توترًا، حيث إن أقسام «إسهام الباحثين» يجب أن توضع في الورقة المنشورة، حتى لو لم تَطلب الدوريات ذلك؛ فعليها توضيح إسهام كل مشارك في هذا المشروع، ونسبها إليه، وكذلك نسب أجزاء المخطوطة الأساسية إلى أصحابها. وعندما لا تستطيع المجموعة الوصول إلى توافق حول ترتيب قائمة الباحثين المشاركين، فعلى الباحث الرئيس أن يتدخل؛ ويأخذ تلك القرارات، وتقديم تبرير منطقي مفصّل لهذا الحكم. وفي حالة وجود أكثر من باحث رئيس، عليهم التوصل معًا إلى نظام ترتيب، والاتفاق عليه.

في النهاية، لا يجب أن يقلق الباحثون المشاركون حيال هذا الشأن؛ فقد كنا شاهدين على مناقشات محتدمة حول مَن هو الأحق بأن يكون الباحث الأول، ولكن بعد 10 أو 20 عامًا، نستطيع القول إن ذلك لم يكن أمرًا ذا جدوى فِعليّة في نهاية الأمر.

ديميتري بادكر؛ وديريك جاكسون كيمبول



CLAIRE WELSH/NATURE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أفراد الفريق أن يكون سهل الوصول إليه، وسريع الاستجابة، فقد يتعثر العمل عندما يختفي الباحثون المشاركون داخل «ثقب أسود»، حيث لا توجد استجابة منهم لأي مكالمة تليفونية، أو بريد إلكتروني.

نحن نوصي بتحديد حد أقصى لوقت الاستجابة ـ عادة يكون عدة أيام ـ بحيث يقوم الباحثون المشاركون خلال هذا الوقت بالإعلان عن تَلَقِّيهم الرسالة. كما نوصي أيضًا بأن يكون الباحث المُنظِّم نفسه سهل الوصول إليه دائمًا طوال مرحلة كتابة العمل، التي قد تستغرق في بعض الأحيان عامًا، أو أكثر.

وسواء تكوَّنت مجموعة العمل من باحثَين، أو حتى 22 باحثًا، يتوجب على الباحث المشارِك قراءة المخطوطة النهائية كلها، وإبداء موافقته الصريحة على أن الأوراق البحثية جاهزة لتقديمها في دورية ما، أو إرسالها إلى أرشيف الطباعة الإلكترونية. ويُطبَّق المبدأ ذاته في حالة تقديم وقبول ورقة بحثية ما، ولكنها تخضع للمراجعة النهائية، فعلى كل الفريق قراءة الورقة البحثية، وإبداء الموافقة عليها قبل نشرها. وذلك ليس احترامًا للباحثين فحسب، بل يُعتبر حجر الزاوية في أخلاقيات المهن العلمية؛ بخلاف الالتزام بسياسات النشر في الدوريات العلمية والاعتبارات القانونية. كما نؤكد على أن هذه الإرشادات ليست تعسفية، فهي نابعة من تجارب محبطة ومجهدة، عايشناها، وشَهِدنا عليها. ■

ديميتري بادكر أستاذ علم الفيزياء في جامعة يوهانس جوتنبرج بمدينة ماينز في ألمانيا، وفي جامعة كاليفورنيا، بيركلي. **ديريك جاكسون كيمبول** أستاذ علم الفيزياء في جامعة ولاية كاليفورنيا، إيست باي في هايوارد.



KYLE LARSON

كايل لارسون وفريقه يتسلقون ممرًّا جبليًّا في نيبال، وهي واحدة من المغامرات الاستكشافية التي مَكَّنَتْه من أَخْذ أبحاثه إلى الهواء الطلق.

عمل ميداني

أبحـــاث جامحـــة

مستكشفو الكهوف، والغطّاسون، والمتسلِّقون يأخذون عِلْمهم إلى أماكن غريبة ومدهِشة.

إميلي سون

لَمْ تخطِّط مارينا إليوت مطلقًا لاستخدام مهاراتها في «مغامرات الهواء الطلق» لغرض مهنيّ في إطار البحث والاستكشاف، لكنها في أكتوبر 2013، رأت إعلانًا عن مشروع في جنوب أفريقيا، يطلب مستكشفي كهوف ذوي خبرة في علم الآثار، ويملكون أجسامًا ضئيلة لدرجة تُمَكِّنهم من شق طريقهم خلال دهليز ضيق؛ للتنقيب عن حجرة تحت الأرض. لقد كانت مأخوذةً بعَظَمَة الفرصة، ومدى أهليَّتها الكاملة لهذه الوظيفة.

تهوى إليوت تَسَلُّق الصخور، واستكشاف الكهوف، وقد كانت آنذاك على وشك إنهاء رسالة الدكتوراة الخاصة بها في علم الأنثروبولوجيا الحيوية بجامعة سايمون فريزر في فانكوفر بكندا. لقد اشتغلت من قبل بالتنقيب في المناطق النائية، ومن بينها سيبيريا وشمال ألاسكا. وكان لديها من المرونة ما يجعلها تترك كل شيء من أجل قضاء شهر في أفريقيا.

التحقت إليوت بفريق مكوَّن من خمس نساء أخريات. وقد بدأن بالانزلاق واحدة تلو الأخرى عبر قناة منحدرة ضيقة المجرى، طولها 12 مترًا، وعرضها 18 سنتيمترًا، ليتمكنَّ من استخراج أكثر من 1,500 أحفورة من 15 هيكلًا عظميًّا لأنواع من أشباه البشر *Homo naledi* لم تُعرف من قبل. وساعدها هذا الاكتشاف لاحقًا في دراسات ما بعد الدكتوراة في الأنثروبولوجيا الحيوية بجامعة ويتواترسراند في جوهانسبرج. وهي تقود حاليًّا فريقًا مكونًا من ستةٍ من مستكشفي الكهوف، يستكملون العمل في تلك المنطقة.

بالرغم من أن مسار إليوت تطلَّب قدرًا من حسن الحظ، إلا أن طريقتها تجسِّد إحدى الطرق التي يقوم من خلالها العلماء بالدمج بين حبهم للمغامرات، وبين حياتهم المهنية. ◀

يقول الباحثون الذين يسعون للعمل الميداني الجامح إن الاكتشافات التي يقومون بها تزوِّدهم بمغامرات وقصص عُمرهم، وتشكِّل حياتهم المهنية بصورة إيجابية.

مع ذلك.. فإن الجمع بين الشغف بالمغامرات غير الروتينية، وبين الحياة المهنية عالية المخاطر يحمل في طياته تعقيدات، مِن ضمنها أن الأمور لا تسير كما هو مخطَّط لها. وعند التحضير للعمل الميداني، فعلى الباحثين «المغامرين» الاعتناء جيدًا بالأمور اللوجستية؛ لضمان النجاح، وللحفاظ على أرواحهم. هذا.. إضافة إلى أنهم غالبًا ما يحتاجون إلى الحصول على وثيقة تأمين متخصصة، وبناء شبكة حماية من زملاء العمل، ووضع استراتيجيات للتعامل مع المعوقات المحتومة. وحتى مع وضع أفضل الخطط، فقد تقع الكوارث بأنواعها، بدءًا من الطقس العاصف، والصراع السياسي، حتى الإصابات المسبِّبة للإعاقة. ويكمن الفَرْق بين الرحلة المثمرة، والرحلة المضيِّعة للوقت ـ أو ربما ما هو أسوأ من ذلك ـ في المرونة وسرعة الاستجابة.

إدارة المخاطر

تقوم ستايسي كيم ـ عالمة البيئة البحرية بمختبرات موس لاندنج مارين بكاليفورنيا ـ بالغوص بانتظام تحت الجليد في أنتاركتيكا؛ لدراسة كيفية تأثير التلوث الذي يُحْدِثه الإنسان على الحياة في قاع البحر. وفي إحدى الرحلات، اختل توازن كيم وهي تستقل زلّاقة الجليد الآلية؛ فأصيبت بخَلْع في مفصل الكتف. كان الطقس سيئًا، وكان بُعْد الموقع يعني أن وصول طاقم طبي إليها بالطائرة المروحية سيستغرق عدة أيام. وخلال الفترة المتبقية من الرحلة، التزمت كيم بالعمل المخبري فوق الجليد، بدلًا من الغوص تحت الماء، الذي تولّاه عنها زملاؤها. تقول كيم: «عليك أن تحرص على وجود بديل لكل عضو في الفريق».

عندما تحدث إصابات أو معوقات أخرى، قد يؤدي ذلك إلى إنهاء البعثة مبكرًا، لكن الإنهاء المبكر ليس دائمًا خيارًا ممكنًا في وجود أجندة للبحث. ومِثْل كيم، يحاول كثيرون من العلماء الذين يعملون في أماكن متطرفة أن يأخذوا بعين الاعتبار عوامل معينة، مثل الوقت، والمُعِدّات، والدعم اللوجيستي، أكثر مما يكون عليه الحال في الرحلات ذات الطابع الترفيهي البحت.

تقوم كاثرين كارديلوس ـ المتخصصة في علم البيئة في جامعة كولجيت في هاميلتون بنيويورك ـ في معظم عملها الميداني بين الأشجار الظِّلِّيَّة. وهي مهمة تتطلب التسلق باستخدام الحبال، وفي الوقت نفسه مقاوَمة حرارة الغابات المرتفعة، وتفادي لدغات الحشرات. وفي كل مرة تقوم فيها بالتسلق، تَحمِل كارديلوس حقيبة ثقيلة مليئة ببطاقات وأكياس جَمْع العيِّنات، والمقاييس، وكراسات التدوين، وأجهزة الاتصال اللاسلكي، والماء والأطعمة، وإمدادات أخرى تكفيها لأيام، وتمكِّنها من البقاء في الغابة لمدة تصل إلى سبع ساعات في كل مرة.

«كن دائمًا مستعدًا لاحتمال عدم تَمَكُّنك مِن فِعْل ما يتوجب عليك فعله».

تقول كارديلوس إن موسم عملها الميداني يمتد إلى ضِعف أو ثلاثة أضعاف الوقت الذي تستغرقه أبحاث العلماء الذين يعملون على الأرض. وقد تذهب بعض أيام العمل سدى بصورة لا يمكن تفاديها، بسبب المطر، أو الرياح، ولذا.. فإنها تستغل الأيام ذات الظروف المواتية لتقصد الأشجار فورًا. ولكونه عملًا مجهدًا للغاية، فإنه غير مسموح لأي شخص بالعمل في مناطق الأشجار الظِّلِّيَّة لأكثر من ثلاثة أيام متواصلة.

تقول كارديلوس: «عليك أن تكون مرنًا للغاية، ومتسامحًا. فقد تستيقظ في الصباح لتجد مطرًا يمنعك من الخروج، فيكون عليك أن تقول «حسنًا، سأقوم بإدخال بعض البيانات، أو ربما بعض الأعمال في المختبر». كن دائمًا مستعدًّا لاحتمال عدم تَمَكُّنك مِن فِعْل ما يتوجب عليك فعله».

قد يساعدك أن تنظر إلى الأحداث غير المخطَّط لها باعتبارها فرصًا، حسب قول كايل لارسون، المتخصص في علم الجيولوجيا التركيبية في الحرم الجامعي أوكاناجان بجامعة كولومبيا البريطانية في كيلونا بكندا. في عام 2014، وأثناء رحلة إلى نيبال، تَسَبَّب الثلج في إيقاف لارسون وفريقه على ارتفاع 3,000 متر في منتصف رحلتهم المخطَّط لها.

جمعوا ما أمكنهم جَمْعه من عيِّنات، لكنهم لم يتمكنوا من جمع البيانات اللازمة لمشروع إحدى الطالبات المشارِكات في هذه الرحلة المضنية، مما اضطرها للتخلي عن العمل الميداني في نيبال، والاستعاضة عنه بآخَر في ساسكاتشوان، توصلت منه إلى نتائج مهمة. يقول لارسون: «عندما ينتهي بك الأمر إلى الذهاب إلى أماكن لم تكن تتوقعها، قد تكتشف أشياء غير متوقَّعة».

تُعَدّ السلامة هاجسًا مهمًّا عند العمل في المناطق الخطرة، وينصح العلماء المغامرون بالتزام الحذر اللازم؛ لتفادي الأخطاء؛ وذلك لحماية أعضاء الفريق؛ ولضمان استمرار التمويل. ففي النهاية، من الصعب إقناع جهة تمويلية ما بأنْ تنفق أموالها لدعم بعثات خطيرة طويلة الأمد مكدَّسة بالباحثين، وقد لا تسير كما يُخطَّط لها.

في مقتبل حياته المهنية، قام عالِم البيئة دوجلاس لارسون ـ لا علاقة له بكايل، وهو الآن أستاذ زائر بجامعة جويلف بكندا ـ بشراء حبال تَسَلُّق؛ ليستخدمها في الهبوط على المنحدرات بجرف نياجرا. وقد قام بدراسة أشجار، تَبَيَّن لاحقًا أنها عتيقة للغاية، وهو اكتشاف غير متوقَّع، استهان به في البداية علماء بيئة الغابات في المنطقة، قبل أن يروا العيِّنات بأنفسهم.

وقد وَجَّه المسؤول عن الأمن والسلامة في الجامعة تحذيرًا إلى لارسون، مِن أنّ مجرد وقوع حادثة واحدة قد يؤدي إلى إيقاف مشروعه. ومنذ تلك اللحظة، حرص لارسون أشد الحرص على اتخاذ الاحتياطات القصوى، وتعزيز المُعِدّات والتجهيزات، حتى إذا ما أصيب أحدهم أثناء الهبوط بنوبة قلبية مثلًا، يمكن سَحْبه ـ أو سَحْبها ـ إلى أعلى. وبدلًا من وجود عقدتين أو ثلاث تثبِّت الأحبال ـ كما يفعل المتسلقون الهواة ـ قام لارسون وفريقه بعمل أربع أو خمس عُقَد.

الاحتياطات القصوى

يُعَدّ وجود شبكات أمان قوية أمرًا في غاية الأهمية بالنسبة إلى هذا النوع من الأبحاث. فقد احتاجت أعمال الحفر التي قام بها إليوت في جنوب أفريقيا إلى وجود مساندة طبية على مدار اليوم. واحتاج الفريق كذلك إلى إخطار مجموعات عديدة بخصوص خططهم، بما فيها قوات الجيش بجنوب أفريقيا، ومنظمة إنقاذ المناجم، حتى يتسنى لهم الحصول على مساعدة سريعة، إذا ما عَلِقَ أحدهم في مكان ما. قد يقوم الكثير من الباحثين المغامرين بشراء وثائق تأمين متخصصة، تضمن وصول النجدة إلى أماكن نائية، وتغطي تكاليف الحوادث الناتجة عن الأعمال الخطرة.

لكن ليس باستطاعة أيٍّ من شركات التأمين إرسال مروحية نجدة إلى مكان مثل «جبل كي 2» K2، ثاني أعلى جبل في العالم، حيث قام عالِم الجيولوجيا مايك سيرل ـ من جامعة أكسفورد البريطانية ـ بإجراء أبحاثه. وهو يوصي ببناء علاقات جيدة مع السكان المحليين في المناطق النائية، كما يحرص دائمًا على معرفة الحَمّالين الممكن الاعتماد عليهم. يقول: «عندما تقع في مشكلة، فإن هؤلاء هُم مَن سيحملونك إلى أسفل».

يفيد المغامرين أيضًا التحلي بلياقة بدنية عالية، وهي الشغل الشاغل ـ بطبيعة الحال ـ لكثير من الباحثين الذين يقومون بعبور الأنهار الجليدية، وتَسَلُّق الجبال، والغوص إلى

متعة الاكتشاف

رؤى من الجانب الآخر

كان عالِم البيئة دوجلاس لارسون ـ الأستاذ الزائر بجامعة جويلف في أونتاريو ـ قد شرع لتوِّه في تثبيت حبال التسلُّق الخاصة بزميل له على حافة جرف بأونتاريو، عندما خرجت حيوانات ابن عرس من حفرة قريبة. وحين توارى الزميل عن الأنظار، ظهرت العرسة الأم ومعها 13 من صغارها، واندفعت نحو لارسون. يقول: «كل ما استطعتُ فعله هو الصراخ. لقد تكاثرَت عليّ حيوانات ابن عرس. لقد كانت تلك التجربة واحدة من التجارب الغامرة التي تحدث سريعًا، ثم تنتهي سريعًا أيضًا».

وبالرغم من المخاطر والإحباطات، فإن العمل الميداني الجامح قد يمنح العلماء المنخرطين فيه ذكريات لا تُصَدَّق، ولا تحدث إلا مرة واحدة في العمر. قام كايل لارسون ذات مرة ـ لا علاقة له بدوجلاس، وهو متخصص في علم الجيولوجيا التركيبية بجامعة كولومبيا البريطانية في كيلونا ـ بإحضار والده؛ ليعمل مساعدًا ميدانيًّا في بعثة استكشاف للهيمالايا. وقد سبقا حَمّاليهما في التسلق، وبعد الصعود إلى قمةٍ ارتفاعها 5000 متر، توقفَا عند تجمُّع سكاني صغير. كان الثلج يتساقط، وكانا يوشكان على التجمد. عندها، أطلت امرأة تِبتيّة برأسها من أحد المنازل، ودَعَتهما إلى الداخل، وقدَّمَت إليهما الشاي بالزبدة المملحة. وبالرغم من عدم قدرتهما على التواصل معها، فقد جلسا حول نار الطهي لمدة ساعة، يلتمسان الدفء، حتى وصل بقية الفريق. يقول لارسون: «هذه الأشياء تحدث في كل رحلة. ومن وجهة نظر ثقافية.. فإن ذلك ملهم للغاية».

أفضل ما في الموضوع، حسب ما يقوله باحثون مغامرون، هو العطايا التي تأتي مع تخطّي المرء حدود الممكن والمتاح إلى فضاءات جديدة يستكشفها بنفسه. فقد اكتشف لارسون أشجارًا صغيرة الحجم، تعود إلى 1000 عام مضت، بينما كان يتأرجح متدليًا من حوافّ صخرية عالية في كندا وفرنسا. وفي أعلى قمم الأشجار، دائمًا ما تعتري الدهشة عالِمة البيئة كاثرين كارديلوس ـ الأستاذ المشارك بجامعة كولجيت في هاميلتون بنيويورك ـ إزاء المَشاهد المدهشة التي تتمكن من رصدها، حينما لا تكون مضطرة لتثبيت ناظريها على الطريق، خوفًا من الثعابين. تقول كارديلوس: «يا إلهي! أرى كل يوم أشياء، لا يستطيع معظم الناس رؤيتها».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



كايل لارسون في رحلة بحثية في نيبال.

LAURENT GODIN

قاع المحيط في مياه شبه متجمدة. ولاتقاء الإصابات، وللإبقاء على جسدها مرنًا وقويًّا أثناء استكشاف الكهوف، تقوم إليوت بمزاولة رياضة الجري والمشي لمسافات طويلة، كما تحضر دورات تدريبية تجمع بين الباليه، والبيلاتس، والجمباز. أما كايل لارسون، فيقوم برفع الأثقال ستة أيام كل أسبوع عندما لا يكون مشغولًا برحلاته المضنية. كما تقوم كيم برياضة الغطس الحر؛ بغرض الترفيه، بعمق يصل إلى 18 مترًا. أمّا سيرل، البالغ من العمر 61 عامًا، فيركب دراجته كل يوم إلى العمل، ويمارس التسلق، والسباحة، وركوب الأمواج أيضًا. يقول: «لا يمكنك تَسَلُّق الجبال عندما تكون مُولعًا بحياة الدعة والخمول».

في أحد أيام صيف عام 1998، كانت كارديلوس متدلِّية من حبل على ارتفاع حوالي 24 مترًا فوق سطح الأرض، بالقرب من قمة شجرة في غابات كوستاريكا، عندما بدأ اثنان من قرود العواء في القيام بحركات عدوانية، حيث ربضا على بُعْد ثلاثة أمتار منها، وأخذا يهزّان فروع الأشجار، ويكشِّران عن أسنانهما، فاردَين أذرعهما، ومتأهِّبَين للهجوم. تقول كارديلوس: «يا إلهي! ها هما قادمان»، ثم سمعت «صوتًا أجش، يبدو وكأنه آتٍ من زمن سحيق». لم يكن القردان هما مصدر الصوت، بل كان مصدر الصوت زوجها الذي كان يعمل بالقرب منها. وفجأة، انصرف القردان.

اختبرت كارديلوس ـ التي لم تَعُد تمارس التسلُّق على مقربة من القرود ـ تجارب عديدة مشابهة لتلك، مثل الاشتباك مع الثعابين، والنمل، وعناكب الرتيلاء *tarantulas* (انظر: «رؤى من الجانب الآخر»). تقول كارديلوس: «في كل مرة تتسلق شجرة للمرة الأولى، يجب أن تجهِّز نفسك للهرب في 15 ثانية. أنْ تبلغ قبة شجرة، دائمًا ما تكون تجربة مثيرة تمنحك نشوة لا تقلّ عن نَشْوَتك بالعودة إلى الأرض».

ليست الحياة البرية المصدر الوحيد للمغامرات التي تجعل القلب يخفق بشدة. ففي عصر أحد أيام ربيع 2011، قام كايل لارسون بتَسَلُّق أحد جبال نيبال؛ بهدف اكتشاف منحدر عمودي شديد الانحدار، مدفون وسط ثلوج عميقة. ولم يكن أحد من الفريق يرى الطريق، ولا موطئ قدميه. وفي العام الماضي، وصل لارسون إلى جبل ماكالو في نيبال، في أعقاب موسم مليء بالعواصف؛ خلَّف وراءه ثلوجًا تكسو المنطقة، ويُقاس سُمْكها بالأمتار؛ حتى غمرت أكوامها جميع الأسطح، وكانت محاولة شَقّها مضنية وعسيرة. يقول لارسون: «كان من المخيف محاولة المشي خلالها نزولًا. وكان هناك كثير من السقطات والكدمات».

يُعَدّ أمرًا مصيريًّا الوصول إلى مستوى معين من الاستعداد النفسي للعمل في مثل هذه الظروف البيئية الصعبة، التي تزخر ـ بطبيعتها ـ بمفاجآت لا تنتهي. وغالبًا ما تبدأ عملية الاستعداد هذه قبل الشروع في الرحلة. بالنسبة إلى إليوت، فإن فكرة الانضغاط من أجل المرور خلال مساحة غاية في الصغر مَثَّلَت العقبة الذهنية الأولى. وعندما أخبرهم لي برجر ـ عالِم مستحاثّات أسلاف البشر، الذي عَيَّن إليوت وفريقها من مستكشفي الكهوف لبعثة التنقيب في جنوب أفريقيا ـ بأن عليهم دَسّ أجسادهم في فجوة صغيرة، تقول إليوت: «أخذ كل واحد منا يقيس ارتفاعات قِطَع الأثاث في منزله، محاولًا حَشْر نفسه تحتها»، واستطاعت هي حشر نفسها في المكان، من خلال تمديد رئتيها.

عندما تقدَّمَت إليوت بطلب المشاركة في المهمة، كانت تشعر بالقلق من عدم أهليّتها، ومن احتمال إخفاقها في المقابلة الشخصية التي أُجريت معها عبر برنامج «سكايب». وظلَّت إليوت غير واثقة من قدراتها، حتى بعد وصولها إلى الموقع. وفي اليوم الاستكشافي الأول، تفقَّدت إليوت القناة العمودية، البالغ طولها 12 مترًا، التي كان على الفريق أن يعبرها. وفي أثناء عبورهم، سيكون على المسعِفين التوجُّه إلى المصابين؛ لإسعافهم واحدًا بعد الآخر، وتَرْك مَن تم إسعافه ليتعافى، ويعتمد على نفسه للخروج من القناة. تقول إليوت: «كان ذلك مرهقًا جدًّا نفسيًّا. أتذكَّر النظر إلى أسفل.. إلى تلك الصخور المخيفة، التي كانت تبدو كأفواه أسماك قرش فاغرة، وأتذكر عدم قدرتي على تمييز الطريق، بسبب تعرُّجها. كنت أفكِّر قائلة لنفسي: «يا إلهي! لَعَلِّي أسأتُ تقدير إمكانياتي».

ولأنّ الدراسات الأكاديمية لا تُغطِّي كل ما يتعلق بمهارات البقاء على قيد الحياة، فقد اعتمدَت إليوت على سنوات خبرتها العملية، والتمرينات السابقة التي عَلَّمتها كيف تحافظ على هدوئها؛ لتتمكن من التعامل مع أي ظروف غير متوقَّعة. فلمدة طويلة قبل عملها في استكشاف الكهوف في جنوب أفريقيا، عملَتْ مرشدة ميدانية في شركة «روكي ماونتنز» لسياحة المغامرات، وحصلت على شهادة في الإسعافات الأولية في البرية، وهما الأمران اللذان أَمَدَّاها بمهارات البقاء، واتخاذ القرار.

من المستحيل التنبؤ بكلِّ طارئ، حسب قول إليوت، ولكن من الممكن أن يتعلم المرء كيف يفكر بسرعة، وبذهن صافٍ، مهما كانت الظروف. تقول: «الأمر الذي يمكنك الاستعداد له هو أن تحافظ على اتزانك العقلي، لتكون جاهزًا للخطوة التالية: ما الذي علينا فعله في الخطوة القادمة؟ ومَن الذي سيفعل؟».

تنصح إليوت الباحثين الشباب بالسعي وراء كلّ ما هُم شغوفون به، حتى لو بدا لهم غير ذي صلة. هي شخصيًّا بدأت حياتها بدراسة الطب البيطري، قبل حصولها على درجة الدكتوراة في علم الأنثروبولوجيا، ثم غَيَّرت مسارها المهني، حين بدأتْ عملها الاستكشافي في جنوب أفريقيا. تقول: «نصيحتي الأهمّ هي ألّا تفزع عندما تبدو لك حياتك المهنية ـ أو الشخصية ـ كدائرة مفرغة. وحقيقةً.. لا يمكنك أن تعرف إلى أين سيقودك مجموع مهاراتك وخبراتك». ■

إميلي سون صحفية حُرَّة، تعيش في مينيابوليس بولاية مينيسوتا.

مهن علمية

حديث المهن

دامِجة العلوم



لانا جِنت هي مديرة الشؤون العلمية في جمعية القلب الأمريكية في دالاس بولاية تكساس، حيث تعمل على التنسيق بين المتطوعين، وصياغة المبادئ الإرشادية العلمية الخاصة بطب الطوارئ، وعملية إنتاج مقاطع فيديو تعليمية عن الإسعافات الأولية.

ما هي طبيعة وظيفتك؟

أنا أساعد في جمع المعلومات من العلماء المتخصصين في طب الإنعاش حول العالم، الذين يسهمون في تقييم الأدلة العلمية التي تحتاجها عملية وضع المبادئ الإرشادية الخاصة بهذا العلم. ولستُ بالضرورة المتحدثة الرسمية بهذا الشأن، ولا الباحثة الأولى، ولكن الفريق الذي أقوده هو الذي يحدد ويضمن قدرة هؤلاء الخبراء على عمل العروض التقديمية، أو تحضير المنشورات.

كيف وصلتِ إلى هذه الوظيفة؟

كان مَعْمَلنا يعاني من أزمة مالية؛ مما دفعني إلى التفكير فيما أريد القيام به في مساري المهني، وما إذا كنت أريد فعلًا الاستمرار في هذا المسار البحثي التقليدي، أم لا. وقد شجَّعني زملائي على أن أكون حلقة وصل بين العلوم والطب، أي أن أتخصص في تعريف الأطباء بآلية عمل العقاقير الجديدة. وقد حضرت بعض مقابلات العمل بالفعل لهذا المجال. وفي هذه الأثناء، اتصل بي أحد مسؤولي التوظيف في جمعية القلب الأمريكية. لم أكن أتخيل أنني الشخص المناسب لشغل هذه الوظيفة؛ إذ لم يكن لديَّ الخلفية العلمية المطلوبة، ولا حتى الخبرة الإدارية الكافية، ولكن مسؤولي التوظيف بالجمعية استشعروا أنّ لديَّ مهارات كامنة. أقنعت الجميع بأنه إذا كان بإمكاني تعلُّم إجراء جراحة لمخ الفئران باستخدام تقنية التموضع المجسم، فبالتأكيد أستطيع تعلم طب الإنعاش.

لماذا تَعتبرين هذه الوظيفة مناسبةً لك؟

لا توجد أي شهادة دراسية تؤهِّل الفرد لشغل مثل هذا المنصب، الذي يتطلب منك القيام بأدوار متعددة، ولكن المدير المسؤول عن التوظيف أدرك أنني شخصية مبادِرة وشغوفة؛ فقد أظهرت قدرة على مواجهة التحديات، وربط الناس معًا؛ من أجل عمل جماعي ناجح.

ماذا تعلمتِ من وظيفتك؟

تعلَّمتُ الاحتفاظ بشيء من المرونة، وحب الاستطلاع، وألّا أسير في مسار واحد فحسب. ومن دواعي فَخْرنا.. كوننا علماء نتمتع بنزعة إلى التفكر والتأمل، لا سيما إذا صاحبتها المهارة الأعظم، وهي القدرة على تبسيط المعلومات، والمواجهة السريعة والحاسمة لما قد يطرأ من مستجدات. ■

أجرت المقابلة مونيا بيكر

تم تحرير النص الخاص بهذه المقابلة بغرض الاختصار والوضوح. للمزيد.. انظر: go.nature.com/iyssud

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مشروع النرجس

محطة جديدة



ILLUSTRATION BY JACEY

سيلفيا سبروك رايجلي

مشروع النرجس؛ هو مشروع مشترك بين الأمم المتحدة، ووكالة الفضاء الأوروبية، وجمعية أصدقاء المسنين. أنا المتطوعة المدنية رقم 17 في هذا المشروع. ولأسباب بديهية تمامًا؛ المشروع برمّته محاط بستار من الكتمان.

ابنتي تبغض هذا المشروع.

تزورني إميلي أسبوعيًّا. قالت لي: «يا ماما، دعيني أخرجكِ من هنا. ليست هناك بعثة». ظننتُ أن التمويل انقطع عن المشروع، ثم رأيت النظرة التي رمقها بها ابنها دانيال. يا لإميلي المسكينة! إنها تظن أنه لا ينبغي لي أن أفكر في السفر إلى الفضاء، وخصوصًا وأنا في هذه السن، وهي تحاول في كل زيارة أن تقول لي إن مشروع النرجس لا وجود له، وقد دار بيننا هذا الحوار مرات عديدة.

همس دانيال قائلًا، وكأنني لا أستطيع سماعه: «ما الضرر في ذلك؟». على الأقل، هذا الصغير يتفهّم أنني لا أنوي التخلي عنهم، أو إذا كنت أنوي ذلك، فَحَسَنٌ ... من الطريف أن حفيدي هو الشخص الوحيد الذي سيتفهم الأمر.

«يا جدتي، أخبريني مجددًا، كيف سيحملونكم جميعًا إلى المريخ؟ هل ستحصلين على مقعد بجوار النافذة؟ هل يمكنك أن ترسلي لي صورًا من هناك؟».

قطّبت إميلي جبينها. كانت دائمًا ما تخفي خوفها وراء وجه مليء بالغضب. إنها لا تستطيع احتمال فكرة تَرْكي إيّاها، حتى وهي تعلم أن هذا سيحدث يومًا ما. تمنيتُ لو كان بمقدوري طمأنتها مثلما كنت أفعل عندما كانت طفلة صغيرة تخاف صوت الرعد. ستبلغ الخمسين من عمرها في فبراير المقبل، لكنها ما زالت «صغيرتي ميلي».

قلت لدانيال: «لا أظن أن وسائل المواصلات الفضائية تحتوي على نوافذ. إنها ليست رحلة ترفيهية، لكن بمجرد وصولنا إلى هناك، سيكون بمقدورنا رؤية المريخ، وتَلَقِّي التعليمات من الأرض. لدينا وسيلة ما لنقل البيانات عبر الأقمار الصناعية؛ لمراقبة الأنظمة، بل وأراهن على أنه سيمكننا نقل البيانات الصوتية. لا بد من أن أسأل جاك ...».

ابتسمت الممرضة المارة من أمامنا، وقالت: «يا لك من ذكية، سيدتي».

في تلك اللحظة، اندفعت إميلي إلى الخارج، وجرَّت معها ابنها وهي تصيح مهدِّدة بإغلاق المكان. لم أبالِ بتصرفها. كنت أرى كلودين تعدّ طاولة لعب الورق، لكي نلعب.

هؤلاء هم أصدقائي الآن. ينثر بول على طاولة اللعب شوكولاتة، أهدته إياها حفيدته. كانت شوكولاتة أمريكية سيئة، لكن كل واحد منا أخذ منها قطعة على أي حال، فقريبًا سنخضع لنظام غذائي صارم. إننا نحاول محاكاة الحياة في المحطة الفضائية، حيث الطعام ليس طيب المذاق، ولا نحصل عليه إلا بعد اعتماده من قِبَل الحكومة. المهم هنا أن هذه الرحلة ستكون ذهابًا بلا عودة. ولذا.. فإذا كان إدمانك «الكرواسان»، أو «الكونياك» سيفطر قلبك، فالأجدر بك أن تستبين هذا الآن.

ومن الممكن أن يكون السفر إلى المريخ سيفطر قلب ابنتك.

تولّت كلودين مهمة توزيع الورق، كعادتها. كلودين هي أكبرنا بعمر يناهز 83 سنة، كما أنها أيضًا أفضل من يلعب الورق، على الرغم من أن جاك يُقسم إنها غشاشة.

يوجد هنا في الدار أربعة وعشرون منا، وذلك من دون احتساب السيد كولون، لأنه في الحقيقة مجرد كومة ثياب، ولعاب يسيل من الفم. وفي اعتقادي أنهم يبقونه معنا على سبيل الاختبار؛ ليروا كيف سنتأقلم مع الوضع عندما يكون هناك شخص فاقد للتحكم في نفسه تمامًا، لكنه لا يموت. قالت الممرضات إنه لن يتسنى للجميع السفر إلى الفضاء، ولذا.. مِن الجائز أنهم سيرسلون اثني عشر شخصًا فقط، أو أقل؟

نراقب جميعًا تصرفاتنا كأحسن ما يكون، لأننا نريد أن يقع علينا الاختيار. صحيح أن سطح المريخ أبرد من أن يناسب مستعمرة فضائية، لكن تسخين جو أي كوكب ليس بمشكلة؛ فالمسألة مسألة وقت، لا غير. ولا ننسى أن التليفزيون يردد على مسامعنا كل مساء كيف أننا تَسَبَّبنا في احترار كوكبنا هذا. لقد وضعت ـ بمشاركة جاك ـ خطة فائقة السرية، تقضي بإرسال فريق صغير إلى المريخ، للإشراف على العمليات، ثم تكرار هذه العملية كلما لزم الأمر، حتى يصبح الكوكب صالحًا للسكنى، وعندئذ يمكننا دعوة جموع الناس. وهكذا يصير لدينا وطن جديد!

تظن إميلي أنني موهومة. تعتقد واهمةً أنني سأحوِّل مدخرات عمري إلى محتال، أو شخص من هذا القبيل، لكنْ للأمانة أقول إن مدخرات عمري تنحصر في معاش تقاعدي شهري يبلغ 800 يورو، ومنزل اشتريته أنا وأنطوان في عام 1972. ماذا لديَّ لأخسره، حقًّا؟

ما لا تفهمه إميلي هو أننا لسنا بمستعمِرين. فنحن مشروع النرجس، أول سكان لكوكب المريخ البارد. لقد خطَّطت أنا وجاك لكل شيء. المعنيون لا يستطيعون تحمُّل نفقات نقل الناس جيئةً وذهابًا بين الكوكبيْن، لكن أمامنا بعض الوقت، ربما خمس سنوات، أو عشر، ومهمتنا هي مراقبة الأمور هناك، وانتظار الموت.

إذا أردتَ توفير المال من خلال رحلة ذهاب بلا عودة، فالمنطقي تمامًا أن تستقطب مسافريك من دار لرعاية المسنين، ألا تتفق معي؟

ولهذا.. نحن نتدرب على مهارات البقاء. من البديهي أننا لن نستطيع العيش على سطح الكوكب، ولذا.. سنعيش داخل قبة. ستكون قبة صغيرة وغير مريحة، مثل غُرَفنا المشتركة هنا، التي تحتوي بالكاد على مساحة كافية لاستيعاب سريرين ودولاب، ولا مجال مطلقًا للخصوصية.

لو وقع الاختيار على أربعة فقط من بيننا، فأنا أفضِّل الذهاب بصحبة كلودين، وبول، وجاك. فنحن نلعب الورق عصر كل يوم، ونحكي القصص، ونستمتع بوقت جميل عندما نتمكن من إقناع أحد أحفادنا بأنْ يأتينا بشراب «الباستيس» الفرنسي. لا أظن أنهم سيوفرون لنا «الباستيس» هناك في الفضاء، لكننا سنأخذ أوراق اللعب معنا. سوف تدبر أمورنا.

تصرّ إميلي على اختلاق الأعذار؛ لكي تخرجني من هنا. وهي تتلهف الآن على خروجي من الدار، وتَرْكِي هذا المشروع للعيش معها.

قلت لها إنني سأفكر في الأمر، لكن جاك يعتقد أنهم يوشكون على حسم اختيار طاقم الرحلة، وربما يحدث هذا الليلة.

منذ موت أنطوان، وأنا أستيقظ كل صباح وأتذكر أنني عجوز، بلغتُ من العمر أرذله. أتذكر أنه تخلَّى عني، وتركني أعيش شيخوختي وحيدة. كل صباح أتذكر أنه لا يوجد مستقبل، وأن حياتي كلها صارت شيئًا من الماضي. فماذا أفعل إذَن؟

يمكنني أن أخفف وطأة هذا الشعور بشرب «الباستيس»، ريثما يأتي شخص ما، ويحملني بعيدًا، بل يمكنني الذهاب إلى المريخ.

قولوا لإميلي إنني سأشتاق إليها. ■

سيلفيا سبروك رايجلي وُلدت في ألمانيا، وعاشت طفولتها في لوس أنجيليس، وهي الآن تقضي وقتها بين ساوث ويلز، وأندلوسيا. رُشحت أعمالها في مجال الخيال العلمي لجائزة «نيبيولا» في عام 2014، وتُرجمت قصصها القصيرة إلى أكثر من عشر لغات. وقد صدرت أول رواية قصيرة لها تحت عنوان «دومنال، والطفل المستعار» *Domnall and the Borrowed Child* في نسخة مطبوعة عن موقع «تور دوت كوم» Tor.com للنشر. ويمكنكم معرفة المزيد من المعلومات عن الكاتبة من خلال الموقع التالي: www.intrigue.co.uk.

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



رائدة العلوم في العالم العربي

متـاحـةٌ الآن للجميـــع ..

In print

Twitter

Facebook

YouTube

Nature Podcast

arabicedition.nature.com

tumblr.com

Mobile App

لقد كانت مهمتنا دومًا إيجاد سُبُل جديدة ومبتكرة لمشارَكة أحدث الاكتشافات في مجال العلوم، وتطوير النقاش بين المجتمع العلمي العالمي. وتُعَدّ دوريّة *Nature* الطبعة العربية سواء النسخة الورقية المطبوعة، أو الإلكترونية، أو تطبيق الهواتف الذكية بمنزلة مُنْتَدَاك الخاص لقراءة الأبحاث الرئيسة، ومشاهدتها، والاستماع إليها، والمشاركة فيها.





